

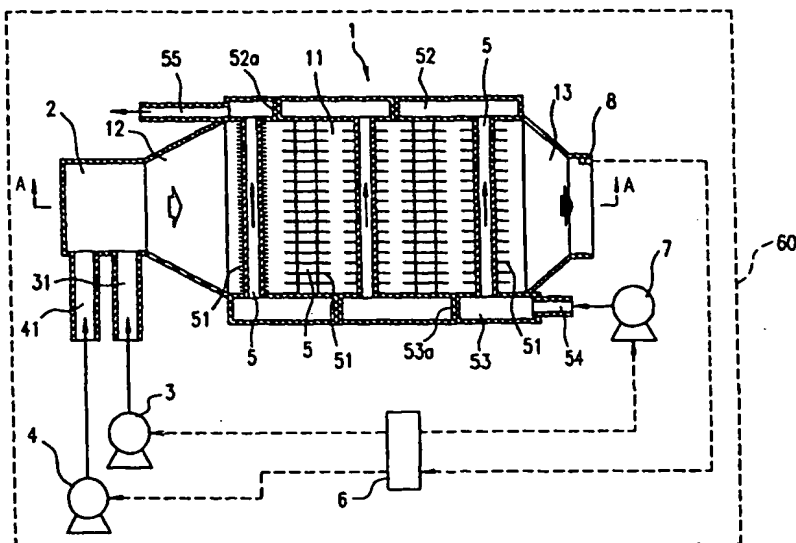
(51) 国際特許分類6 F24H 1/14, F23D 14/18	A1	(11) 国際公開番号 WO99/20947 (43) 国際公開日 1999年4月29日 (29.04.99)
(21) 国際出願番号 PCT/JP98/04690 (22) 国際出願日 1998年10月16日 (16.10.98) (30) 優先権データ 特願平9/303669 1997年10月16日 (16.10.97) JP 特願平9/330956 1997年11月13日 (13.11.97) JP 特願平10/172265 1998年6月4日 (04.06.98) JP 特願平10/231179 1998年8月3日 (03.08.98) JP (71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) トヨタ自動車株式会社 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA)[JP/JP] 〒471-8571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 Aichi, (JP) (72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 山田知司(YAMADA, Tomoji)[JP/JP] 廣瀬祥司(HIROSE, Shoji)[JP/JP] 稲垣光夫(INAGAKI, Mitsuo)[JP/JP] 〒445-0012 愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地 株式会社 日本自動車部品総合研究所内 Aichi, (JP)	荻野 温(OGINO, Shigeru)[JP/JP] 〒471-8571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi, (JP) (74) 代理人 弁理士 山本秀策(YAMAMOTO, Shusaku) 〒540-6015 大阪府大阪市中央区城見一丁目2番27号 クリスタルタワー15階 Osaka, (JP) (81) 指定国 CA, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). 添付公開書類 国際調査報告書	

(54)Title: CATALYTIC COMBUSTION HEATER

(54)発明の名称 触媒燃焼加熱装置

(57) Abstract

A catalytic combustion heater having, in a fuel gas flow passage in which an inflammable gas- and combustion support gas-containing fuel gas flows, tubes in which an object fluid to be heated flows, and an oxidation catalyst provided on outer surfaces of the tubes and contacting the fuel gas to generate an oxidation reaction, comprising a catalyst-carrying heat exchanger adapted to heat the object fluid with the oxidation reaction heat of the fuel gas, a detecting member adapted to detect the temperature of a combustion exhaust gas in the fuel gas flow passage to check whether the temperature is at the level of a dew point thereof or not, and a control unit adapted to control at least one of a feed rate of the combustion support gas, which is supplied to the fuel gas flow passage, and a feed rate of the inflammable gas.



Best Available Copy

本発明の触媒燃焼加熱装置は、可燃ガスと支燃ガスを含む燃料ガスが流通する燃料ガス流路中に、内部に被加熱流体が流れるチューブと、前記チューブの外表面に燃料ガスと接触して酸化反応を生起する酸化触媒とを有し、前記燃料ガスの酸化反応熱により被加熱流体を加熱する触媒付熱交換器、前記燃料ガス流路内の燃焼排気ガスの温度がその露点温度であるか否かを検出する検出部、および前記検出部の検出結果に基づいて、前記燃料ガス流路に供給される前記支燃ガスの供給量および前記可燃ガスの供給量のうちの少なくとも1つを制御する制御部を備えている。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE	アラブ首長国連邦	ES	スペイン	LI	リヒテンシュタイン	SG	シンガポール
AL	アルバニア	FI	フィンランド	LK	スリ・ランカ	SI	スロヴェニア
AM	アルメニア	FR	フランス	LR	リベリア	SK	スロヴァキア
AT	オーストリア	GA	ガボン	LS	レソト	SL	シエラ・レオネ
AU	オーストラリア	GB	英国	LT	リトアニア	SN	セネガル
AZ	アゼルバイジャン	GD	グレナダ	LU	ルクセンブルグ	SZ	スワジランド
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GE	グルジア	LV	ラトヴィア	TD	チャード
BB	バルバドス	GH	ガーナ	MC	モナコ	TG	トーゴ
BE	ベルギー	GM	ガンビア	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BF	ブルキナ・ファソ	GN	ギニア	MG	マダガスカル	TM	トルクメニスタン
BG	ブルガリア	GW	ギニア・ビサオ	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア	TR	トルコ
BJ	ベナン	GR	ギリシャ	ML	マリ	TT	トリニダード・トバゴ
BR	ブラジル	HR	クロアチア	MN	モンゴル	UA	ウクライナ
BY	ベラルーシ	HU	ハンガリー	MR	モーリタニア	UG	ウガンダ
CA	カナダ	ID	インドネシア	MW	マラウイ	US	米国
CF	中央アフリカ	IE	アイルランド	MX	メキシコ	UZ	ウズベキスタン
CG	コンゴ	IL	イスラエル	NE	ニジェール	VN	ヴェトナム
CH	スイス	IN	インド	NL	オランダ	YU	ユーゴスラビア
CI	コートジボアール	IS	アイスランド	NO	ノルウェー	ZA	南アフリカ共和国
CM	カメルーン	IT	イタリア	NZ	ニュージーランド	ZW	ジンバブエ
CN	中国	JP	日本	PL	ポーランド		
CU	キューバ	KE	ケニア	PT	ポルトガル		
CY	キプロス	KG	キルギスタン	RO	ルーマニア		
CZ	チェッコ	KP	北朝鮮	RU	ロシア		
DE	ドイツ	KR	韓国	SD	スーダン		
DK	デンマーク	KZ	カザフスタン	SE	スウェーデン		
EE	エストニア	LC	セントルシア				

明 細 書

触媒燃焼加熱装置

5 技術分野

本発明は、液体または気体の被加熱流体を加熱する触媒燃焼加熱装置に関する。

背景技術

10 可燃ガス（燃料ガス）を触媒を用いて酸化反応させ、発生する熱を利用して、被加熱流体を加熱する、いわゆる触媒燃焼加熱装置は既に知られており、家庭用や自動車用など、各種の用途への適応が考えられている（たとえば、特開平5-223201号公報）。

15 触媒燃焼加熱装置は、可燃ガスの流路内に、液体または気体である被加熱流体が流れるチューブと、その外周に多数の触媒担持フィンを一体的に接合してなる触媒付熱交換器を備えている。上記多数のフィンとしては、たとえば白金やパラジウムのような酸化触媒が用いられる。

この触媒担持フィンを活性温度以上に加熱し、可燃ガスを接触させると、フィン表面において酸化反応が起こる。その際に発生する酸化反応熱がフィンからチューブ内に伝えられて、チューブ内を流通する被加熱流体を加熱する。

20 可燃ガスは、これを酸化するための支燃ガス（通常、空気）と混合された後、混合されたガスが、燃料ガスとして触媒付熱交換器内に供給される。触媒による酸化反応は、非常に広い可燃ガス濃度範囲で起こる。このため、上流側で反応しなかった未燃ガスを下流側の触媒によって燃焼させることが可能であり、熱交換器全体で燃焼を行うことができる。その結果、それまで一般的であったバーナー式の加熱装置と比較して、小型で処理能力の高い加熱装置が得られる。

25

一方、触媒付熱交換器内における可燃ガスの流れの方向と被加熱流体の流れの

方向が対向するように設けられたものがある。この場合、可燃ガスの濃度勾配と被加熱流体の温度勾配とが一致するため、熱交換効率を高くできる。すなわち、燃料ガス流路の出口付近に被加熱流体の導入口を設けており、排出される直前の燃焼排気ガスを、より低温の被加熱流体が流れるチューブに接触させることで、

5 排気ガスの熱を被加熱流体中に効率よく回収することができる。

ここで、支燃ガスの供給量は、通常、酸化に必要な量の1～5倍程度の範囲とされ、熱交換効率を向上させるには、供給量をできるだけ少なくして排気ガスを減らし、発生した熱が未利用のまま排気ガスとして捨てられるのを低減させることが好ましい。

10 しかしながら、燃焼排気ガスには、酸化反応で生じた大量の水蒸気が含まれるため、燃焼排気ガス温度が低下すると、この水蒸気が凝縮して水滴となるおそれがある。

特に、可燃ガスの流れの方向と被加熱流体の流れの方向が対向する構成においては、上述したように、燃焼排気ガスの出口付近に低温の被加熱流体が供給されるため、低温のチューブ表面およびこれと一体のフィンの表面で水蒸気が凝縮して、酸化触媒の表面を濡らしてしまうおそれがある。この場合、酸化触媒が不活性となって酸化反応が妨げられ、未燃ガスが排出されてしまうといった問題があった。

15

また、支燃ガスの供給量が少ないと触媒の温度が上昇しやすく、燃料ガスの不均一分布により、濃度の高い可燃ガスが供給される部位や被加熱流体の流れがスムーズになされない部位などで触媒温度が燃料の発火点（水素燃料で570℃）を越え、火炎が発生するおそれがある。火炎が発生すると、触媒が熱劣化を起こすことが懸念され（通常、700℃以上で劣化）、触媒性能が低下する。ところが、上述したように、触媒反応は熱交換器全体で行われるため、火炎の発生場所

20

25 が特定しがたく、火炎の検出が難しいという問題があった。

ところが、上記従来の触媒燃焼加熱装置では、装置始動時において、燃料ガス

5 流路の上流側の触媒が十分な活性状態となっていないと、未反応の燃料ガス（未燃ガス）が排出されてしまったり、未反応のまま下流側に流れながら高濃度となった燃料ガスが、燃料ガス流路の出口近傍において酸化触媒と接触して一気に反応し、発火等を引き起こす可能性があった。また、これを防止するために、燃料ガス流路の各部位におけるチューブおよびフィンの温度をそれぞれモニタしながら、徐々に立ち上げる方法があるが、構成が複雑になり、しかも始動時間が長くなるといった不具合があった。

10 さらに、可燃性の燃料ガスを酸化触媒を用いて燃焼させ、発生する熱を利用して被加熱流体を加熱する触媒燃焼加熱装置は、家庭用、自動車用をはじめ様々な用途への利用が期待されている。このような触媒燃焼加熱装置は、両端開口の筒状に形成されたハウジングの一方の開口端から支燃ガスが導入されるとともに、燃料ガス供給部により、ハウジング内に向けて形成された噴射口から燃料ガスが噴射され、ハウジング内に燃料ガスと支燃ガスとの混合気の流れが生成される。そしてハウジング内には、水等の被加熱流体が流れるチューブが配設され、その
15 外周に、酸化触媒を担持したフィン等の触媒部を形成して触媒付熱交換器が構成されている。触媒部においてこれに接触する燃料ガスが酸化反応し触媒燃焼が生じる。この触媒燃焼による燃焼熱は、チューブ管壁を介して被加熱流体が受熱し、暖房等に用いられる。

20 また、さらに、燃焼出力が高くなると、火炎が生じ気相燃焼となることがある。気相燃焼は触媒燃焼に比べて燃焼温度が高いため、装置の劣化をもたらし、たとえば熱交換の効率が低下して暖房能力が弱くなる等の問題が生じる。そこで触媒部に温度センサを設けて触媒部の昇温を検出し、これから気相燃焼を検知するようにしたものがある。しかし気相燃焼が生じていても温度センサが火炎にさらされない限り検出温度が必ずしも異常とみなせる程上昇しない。このため触媒部の
25 ごく一部が異常な高温となって局所的に火炎が生じた場合には気相燃焼の発生が検知できない。その上、検出温度の、気相燃焼かどうかを判断するしきい値は、当然正常な触媒燃焼時における触媒部の温度よりも高い値に設定されるから、十分な確度で気相燃焼の発生を検知することができない。

本発明は、上記問題を鑑み、水蒸気の凝縮により酸化触媒の活性が低下したり、火炎の発生により触媒が劣化したりすることを防止して、触媒性能を十分に発揮することが可能であり、熱交換効率に優れるとともに、安全で信頼性の高い触媒燃焼加熱装置を提供することを目的とする。

5 本発明は、上記問題を鑑み、簡単な構成で、未燃ガスの排出や発火等を防止しながら、早期に触媒付熱交換器全体を活性化することができる、安全で、始動時間の短い触媒燃焼加熱装置を提供することを他の目的とする。

本発明は、上記問題を鑑み、高い確度でもって気相燃焼の発生を検知することのできる触媒燃焼加熱装置を提供することをさらに他の目的とする。

10

発明の開示

本発明の触媒燃焼加熱装置は、可燃ガスと支燃ガスを含む燃料ガスが流通する燃料ガス流路中に、内部に被加熱流体が流れるチューブと、前記チューブの外表面に燃料ガスと接触して酸化反応を生起する酸化触媒とを有し、前記燃料ガスの酸化反応熱により被加熱流体を加熱する触媒付熱交換器、前記燃料ガス流路内の燃焼排気ガスの温度がその露点温度であるか否かを検出する検出部、および前記検出部の検出結果に基づいて、前記燃料ガス流路に供給される前記支燃ガスの供給量および前記可燃ガスの供給量のうちの少なくとも1つを制御する制御部を備えている。

20 前記検出部が、前記燃焼排気ガスの温度を検出する温度検出部および前記チューブ外表面の温度を検出する温度検出部のうちのいずれか1つである。

前記検出部が、前記燃料ガス流路の出口近傍に設けられている。

前記酸化触媒が、前記チューブの外表面に接合したフィンに担持され、前記チューブ外表面の温度を検出する温度検出部が、前記燃料ガス流路の出口近傍における前記フィンの表面温度を検出する表面温度検出部である。

25

前記燃料ガス流路内の燃焼排気ガスの温度が、供給される燃料ガスの組成によ

って決定される露点温度以下であるという検出結果を前記検出部が出力した場合、前記制御部が、前記燃焼排気ガスの温度を露点温度以上に上昇させるために、前記支燃ガスの供給量を増大させるように制御する。

5 前記燃料ガス流路内の燃焼排気ガスの温度が、供給される燃料ガスの組成によって決定される露点温度以下であるという検出結果を前記検出部が出力した場合、前記制御部が、前記燃焼排気ガスの温度を露点温度以上に上昇させるために、前記燃料ガス流路の下流側への前記可燃ガスの供給量を増大させるように制御する。

10 前記触媒燃焼加熱装置が、前記可燃ガスを前記燃焼ガス流路の上流側および下流側に、分配供給するための複数の可燃ガス供給口を有する可燃ガス供給部と、前記可燃ガス供給部内に、前記燃料ガス流路の下流側へ供給される前記可燃ガスの流量を調節するための弁部材とをさらに備え、前記制御部が、前記弁部材の弁開度を調節するよう制御する。

前記燃料ガスの流れの方向と前記被加熱流体の流れの方向が対向している。

15 前記支燃ガスが空気である。

本発明の他の触媒燃焼加熱装置は、可燃ガスと支燃ガスを含む燃料ガスが流通する燃料ガス流路中に、内部に被加熱流体が流れるチューブと、前記チューブの外表面に燃料ガスと接触して酸化反応を生起する酸化触媒とを有し、前記燃料ガスの酸化反応熱により被加熱流体を加熱する触媒付熱交換器、前記燃料ガス流路
20 内の燃焼排気ガスに含まれる窒素酸化物の濃度を検知する検知部、および前記検出部の検出結果に基づいて、前記燃料ガス流路に供給される前記支燃ガスの供給量および前記可燃ガスの供給量のうちの少なくとも1つを制御する制御部を備えている。

25 本発明の他の触媒燃焼加熱装置では、前記検出部が、前記燃料ガス流路の出口近傍に設けられている。

本発明の他の触媒燃焼加熱装置は、前記検知部が、窒素酸化物の濃度が一定値

以上であると検知した場合、前記制御部が、前記可燃ガスの供給量を減少あるいは前記支燃ガスの供給量を増大させる制御を行う。

5 本発明のさらに他の触媒燃焼加熱装置は、可燃ガスと支燃ガスを含む燃料ガスが流通する燃料ガス流路中に、内部に被加熱流体が流れるチューブと、前記チューブの外表面に燃料ガスと接触して酸化反応を生起する酸化触媒とを有し、前記燃料ガスの酸化反応熱により被加熱流体を加熱する触媒付熱交換器、および前記可燃ガスを上記燃料ガス流路の上流側および下流側に分配供給するため、流路抵抗の異なる複数の可燃ガス供給路を備えた触媒燃焼加熱装置であって、前記燃料ガス流路の下流側における発熱量が、前記触媒燃焼加熱装置の最小出力時に、前記燃料ガス流路内の燃焼排気ガスの温度が燃料ガスの組成によって決まる露点温度以上となるように、前記複数の可燃ガス供給路の流路抵抗を設定する。

10 本発明のある触媒燃焼加熱装置は、可燃ガスと支燃ガスを含む燃料ガスが流通する燃料ガス流路中に、内部に被加熱流体が流れるチューブと、前記チューブの外表面に燃料ガスと接触して酸化反応を生起する酸化触媒とを有し、前記燃料ガスの酸化反応熱により被加熱流体を加熱する触媒付熱交換器、前記燃料ガスの流路の出口近傍における燃焼排気ガスの温度もしくは前記可燃ガスの濃度を検出する検出部、および前記検出部の検出結果に基づいて、前記可燃ガスの流量を制御する流量制御部を備えている。

20 本発明のある触媒燃焼加熱装置では、前記検出部によって検出される前記燃焼排気ガスの温度が所定温度を越えるまで、あるいは前記可燃ガスの濃度が所定濃度を下回るまで、前記可燃ガスの流量が前記支燃ガスに対して小さくなるように前記流量制御部が制御し、前記燃焼排気ガスの温度が所定温度を越え、あるいは前記可燃ガスの濃度が所定濃度を下回ったら、前記可燃ガスの流量が所定の量まで増大するように前記流量制御部が制御する。

25 本発明のある触媒燃焼加熱装置では、前記触媒付熱交換器が、前記チューブの各部位に、前記チューブの内部を流れる被加熱流体の状態に応じた量の前記可燃

ガスを分配供給する燃料分配部を有する。

本発明のさらにある触媒燃焼加熱装置は、両端開口の筒状に形成され、一方の開口端から支燃ガスが導入されるハウジングと、前記ハウジング内に向けて形成された噴射口から、前記ハウジング内に燃料ガスを供給する燃料ガス供給部と、

5 該ハウジング内の該噴射口よりも下流位置に配設して内部に被加熱流体が流れる複数のチューブの外周で燃料ガスと接触して酸化反応を生起する触媒部を形成してなる触媒付熱交換器とを有する触媒燃焼加熱装置であって、前記ハウジング内には前記噴射口に近接し、且つ、前記チューブよりも前記一方の開口端側に温度検出部を設けている。

10 本発明のさらにある触媒燃焼加熱装置では、前記温度検出部が、前記ハウジング内に突出する前記燃料供給部の突出部に設けられている。

図面の簡単な説明

図 1 は、第 1 の実施形態における触媒燃焼加熱装置 60 を示す図である。

15 図 2 は、図 1 に示す触媒燃焼加熱装置 60 の触媒付熱交換器 1 を線分 A-A で切断した場合における断面を示す図である。

図 3 A は、支燃ガスの流量と時間の関係を示す図である。

図 3 B は、排気ガスの温度と時間の関係を示す図である。

図 4 は、触媒燃焼加熱装置 60 の動作を示すフローチャート図である。

20 図 5 は、第 2 の実施形態における触媒燃焼加熱装置 70 を示す図である。

図 6 A は、 NO_x 検知装置 9 で検出された NO_x 検知信号と時間との関係を示す図である。

図 6 B は、支燃ガス供給量と時間との関係を示す図である。

図 6 C は、燃料供給量と時間との関係を示す図である。

25 図 7 は、触媒燃焼加熱装置 70 の動作を示すフローチャート図である。

図 8 A は、第 3 の実施形態における触媒燃焼加熱装置 80 の触媒付熱交換器 1

を示す図である。

図 8 B は、図 8 A に示される触媒付熱交換器 1 を線分 B - B で切断した場合における切断面を示す図である。

図 9 A は、下流側可燃ガス流量と時間との関係を示す図である。

5 図 9 B は、排気ガス温度と時間との関係を示す図である。

図 10 は、触媒燃焼加熱装置 80 の動作を示すフローチャート図である。

図 11 A は、第 4 の実施形態における触媒燃焼加熱装置である触媒付熱交換器 1 を示す図である。

10 図 11 B は、図 11 A に示される触媒付熱交換器 1 を線分 C - C で切断した場合における切断面を示す図である。

図 12 A は、第 5 の実施形態における触媒燃焼加熱装置 100 を示す図である。

図 12 B は、図 12 A に示す触媒付熱交換器 101 を線分 D - D にて切断した場合における切断面を示す図である。

図 13 A は、燃焼排気ガス温度と時間との関係を示す図である。

15 図 13 B は、支燃ガス流量と時間との関係を示す図である。

図 13 C は、被加熱流体流量と時間との関係を示す図である。

図 13 D は、可燃ガス流量と時間との関係を示す図である。

図 14 は、触媒燃焼加熱装置 100 の動作を示すフローチャート図である。

20 図 15 A は、第 6 の実施形態における触媒燃焼加熱装置 160 である触媒付熱交換器 1 を示す図である。

図 15 B は、図 15 A に示される触媒付熱交換器 1 を線分 E - E で切断した場合における切断面を示す図である。

図 16 A は、可燃ガス濃度と時間との関係を示す図である。

図 16 B は、支燃ガス流量と時間との関係を示す図である。

25 図 16 C は、被加熱流体流量と時間との関係を示す図である。

図 16 D は、可燃ガス流量と時間との関係を示す図である。

図 17 は、触媒燃焼加熱装置 160 の動作を示すフローチャート図である。

図 18 は、第 7 の実施形態における触媒燃焼加熱装置である触媒付熱交換器 201 を示す図である。

図 19 は、図 18 に示される触媒付熱交換器 201 を線分 F-F で切断した場合における切断面を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、図面を参照し、本発明の触媒燃焼加熱装置の実施形態を説明する。

(実施形態 1)

図 1 は、第 1 の実施形態における触媒燃焼加熱装置 60 を示す図である。

触媒燃焼加熱装置 60 は、触媒付熱交換器 1、制御装置 6、および温度検出装置 8 を備えている。

触媒付熱交換器 1 は、両端開口の筒状容器内に燃料ガスの流路 11 を有し、左端部の燃料ガス供給口 12 より右端部の排気ガス口 13 へ向けて（図に矢印で示す方向）、燃料ガスが流れる。

上記燃料ガス供給口 12 には、燃料ガス供給部 2 を構成する左端閉鎖の筒状体が連結され、燃料ガス供給部 2 は下部壁に、燃料供給装置 3 に連通する燃料供給路 31 と、支燃ガス供給装置 4 に連通する支燃ガス供給路 41 が接続されている。

燃料供給装置 3 から燃料となる可燃ガスが供給され、支燃ガス供給装置 4 から支燃ガスが供給され、それらが上記燃料ガス供給部 2 内で混合され、混合されたものが燃料ガスとして上記燃料ガス供給口 12 より燃料ガス流路 11 内に供給される。

ここで、燃料としては、たとえば、水素、メタノール等の可燃ガスが用いられ、支燃ガスとしては、通常、空気が用いられる。これら可燃ガスおよび支燃ガスの供給量は、制御部たる制御装置 6 にて制御される。燃料ガス中の支燃ガスの供給量は、可燃ガスをすべて酸化させるのに必要な理論空気量に対し、1～5 倍程度

の範囲とし、通常の燃焼時には、発生する熱を効率よく回収するため、触媒の耐熱温度を越えない範囲でできるだけ少量となるようにするのがよい。ただし、燃焼排気ガス中の水蒸気が凝縮するおそれがある場合には、制御装置 6 は後述するように支燃ガスを増大させる制御を行う。

5 図 2 は、図 1 に示す触媒燃焼加熱装置 60 の触媒付熱交換器 1 を線分 A-A で切断した場合における断面を示す図である。

図 2 に示すように、触媒付熱交換器 1 の燃料ガス流路 11 内には、内部を被加熱流体が流れる多数のチューブ 5 が、燃料ガスの流れ方向に層状に配置されている。各チューブ 5 の外周には、多数のリング状のフィン 51 が、ロー付け等の方法で一体的に接合される。これらフィン 51 の表面には、白金、パラジウムとい
10 った酸化触媒が担持され、この表面に燃料ガスが接触して酸化反応を起こすようになっている。酸化反応により発生した熱は、フィン 51 からチューブ 5 に伝達され、その内部を流れる被加熱流体を加熱する。

上記多数のチューブ 5 の両端は、図 1 に示すように、触媒付熱交換器 1 の上部および下部に設けた管寄せ 52、53 にそれぞれ連結されている。これら管寄せ 52、53 の途中複数箇所には、複数の部分に区画するために、隔壁 52a、5
15 3a がそれぞれ形成される。

また、下方の管寄せ 53 の右端部には被加熱流体の導入管 54 が連結され、上方の管寄せ 52 の左端部には被加熱流体の導出管 55 が連結されている。これにより、図 1 に矢印で示すように、燃料ガス流路 11 の下流側より上流側へ向かう被加熱流体の流路が形成される。被加熱流体は、被加熱流体供給装置 7 によって導入管 54 より導入され、チューブ 5 および管寄せ 52、53 内を流れながら高温に加熱され、導出管 55 より外部へ導出される。被加熱流体としては、たとえば水が使用され、その供給量は、上記制御装置 6 によって制御される。
20

25 ここで、チューブ 5 の外周に設けられるフィン 51 の外径や数は、接合されるチューブ 5 内の被加熱流体に必要な熱量に応じて適宜設定される。本実施形態で

は、燃料ガス流路 11 の最上流側に位置するチューブ 5 の層において、上記フィン 51 の外径を小さくしてある（図 2）。燃料ガス流路 11 の上流側では、チューブ 5 内の被加熱流体が高温となっているので、フィン 51 の表面積を小さくして発熱を抑制し、フィン 51 やチューブ 5 が必要以上に加熱されないようにする。

5 また、各層におけるチューブ 5 の数は、上流側において多くなるようにするほうがよい。これは、液体の被加熱流体が加熱されて気体になる時に膨張するため、縦断面積を大きくしないと圧力損失が大きくなってしまうからである。また、各チューブ 5 は隣合う層のチューブ 5 間に位置するように互い違いに配置すると、燃料ガス流路 11 の実質長が長くなり、熱交換効率が向上する。

10 上記燃料ガス流路 11 の排気ガス口 13 の管壁には、燃焼排気ガスが露点温度であるか否かを検出する温度検出装置 8 が設置される。温度検出装置 8 は、燃料ガス流路の出口近傍における燃焼排気ガスの温度を検出するようになしてある。

温度検出装置 8 としては公知の温度センサを使用することができ、また、温度検出装置 8 を排気ガス口 13 の管壁に設置する代わりに、温度検出装置 8 を上記
15 燃料ガス流路 11 の最下流位置にあるフィン 51 表面に設置して、フィン 51 の表面温度を検出するようにしてもよい。

本実施形態では、上述した検出結果に基づき、制御装置 6 にて支燃ガスの供給量を制御する。以下に、その制御方法を図 3 A、図 3 B および図 4 を用いて説明する。

20 図 3 A は支燃ガスの流量と時間の関係を示す図であり、図 3 B は、排気ガスの温度と時間の関係を示す図である。

触媒燃焼加熱装置 60 では、被加熱流体の進行方向が燃料ガスの流れ方向と対向する方向となっている。被加熱流体は、燃料ガス流路 11 の下流側、つまり排気ガス口 13 に近いほど低温となる。このため、燃焼排気ガスを、より低温の被
25 加熱流体が流れるチューブ 5 に接触させるので、排気ガス中の熱を効率よく回収でき、高い熱交換効率が得られる。

しかしながら、上流部において可燃ガスが酸化反応することにより生じた多量の水蒸気が、低温の被加熱流体が供給され続ける排気ガス口 13 付近で凝縮して触媒表面を覆い、可燃ガスと触媒の接触を阻害することが懸念される。そこで、本実施形態では、図 3 に示すように、温度検出装置 8 で検出される燃焼排気ガス温度が、露点温度より低くなった時に（図 3 における時刻 a）、制御装置 6 が支燃ガスの供給量を増大して排気ガス温度を上昇させる。

図 4 は、触媒燃焼加熱装置 60 の動作を示すフローチャート図である。

温度検出装置 8 によって燃焼排気ガス温度が検出され（ステップ S 1）、その温度 T が、燃料ガス組成によって決まる露点温度 T_a （可燃ガスの燃焼によって生じる水蒸気量を基に算出される露点温度）より低いかどうかを制御装置 6 が判定する（ステップ S 2）。

ステップ S 2 で $T < T_a$ となったら、支燃ガスの供給量を所定量増加させるように、制御装置 6 は支燃ガス供給装置 4 に制御信号を出力する（ステップ S 3）。これによりガス流速が増大し、フィン 51 表面で発生した熱が、燃料ガスや燃焼排気ガスに伝達されやすくなる。なお、ステップ S 2 で $T < T_a$ とならなかったら、処理はステップ S 1 に進む。

温度検出装置 8 によって燃焼排気ガス温度が検出される（ステップ S 4）。 $T \geq T_a$ かどうかを制御装置 6 が判定する（ステップ S 5）。

ステップ S 5 で、 $T \geq T_a$ とならない場合、処理はステップ S 3 に進む。つまり、制御装置 6 がステップ S 3 の支燃ガス供給量を増大することを繰り返すことで、燃料ガス流路 11 の下流側のガス温度を露点温度 T_a （たとえば水素であれば 73°C ）以上に上昇させることができる。

ステップ S 5 で、 $T \geq T_a$ となったら、制御装置 6 が支燃ガスの供給量を保持するように支燃ガス供給装置 4 に制御信号を出力する（ステップ S 6）。なお、燃焼排気ガスの温度を必要以上に高めると熱交換効率が低下する。このため、制御装置 6 は、温度検出装置 8 で検出する温度 T が露点温度 T_a よりやや高い温度

となるように、支燃ガスの供給量を制御する。

以上、本実施形態によれば、触媒付熱交換器 1 が、被加熱流体の進行方向が燃料ガスの流れ方向と対向する構成であっても、燃焼排気ガスの温度が低下して、水蒸気が凝縮することを防止できる。よって、触媒が不活性となって未燃ガスが
5 排出されるのを防止でき、信頼性を向上させるとともに、高い熱交換効率を実現できる。

(実施形態 2)

以下に、本発明の第 2 の実施形態を説明する。

図 5 は、第 2 の実施形態における触媒燃焼加熱装置 70 を示す図である。

10 触媒燃焼加熱装置 70 は、触媒付熱交換器 1、制御装置 6、および NO_x 検知装置 9 を備えている。本実施形態の基本構成は、上述した第 1 の実施形態の温度検出装置 8 の代わりに NO_x 検知装置 9 が用いられていることを除き、第 1 の実施形態の構成とほぼ同様である。以下に、その相違点を中心に説明する。

本実施形態では、被加熱流体と燃料ガスの流れ方向とが同じ向きであり、触媒
15 付熱交換器 1 の右端部に燃料ガス供給部 2 が設けられている。燃料ガス流路 11 内を、燃料ガスが、図 5 の右方から左方へ流れる。

上流側（図 5 の右方）のチューブ 5 で、フィン 51 の枚数を多くしてある。本
20 実施形態では、被加熱流体と燃料ガスの流れ方向が同じであるので、燃料の濃いガスによって多量の熱が発生したとしても、温度の低い被加熱流体がその熱を吸収することで、効率よく被加熱流体を加熱することができる。

触媒燃焼加熱装置 70 の構成では、排気ガス口 13 に近いほど被加熱流体は高温となるので、燃焼排気ガス中の水蒸気の凝縮による触媒活性の低下のおそれは小さい。しかしながら、燃料ガス中の可燃ガス濃度が部分的に高くなるなどにより、触媒付熱交換器 1 内で火炎が発生しても検知されにくい構造となっている。

25 そこで、本実施形態では、燃料ガス流路 11 の排気ガス口 13 の管壁に、燃焼排気ガス中の窒素酸化物 (NO_x) を検知する NO_x 検知装置 9 が設けられてい

る。NO_x検知装置 9 の結果に基づき、制御装置 6 にて、これらガスの供給量を制御する。触媒付熱交換器 1 内で火炎が発生すると、正常な触媒燃焼では発生しない NO_x が生成される。NO_x が生成されたか否かにより、火炎が発生したか否かを検知することができる。NO_x 検知装置 9 としては、公知の NO_x センサ 4 3 が使用される。

以下、触媒燃焼加熱装置 7 0 の制御方法について説明する。

図 6 A は NO_x 検知装置 9 で検出された NO_x 検知信号と時間との関係を示す図であり、図 6 B は支燃ガス供給量と時間との関係を示す図であり、図 6 C は燃料供給量と時間との関係を示す図である。ここで、燃料供給装置 3 からの可燃ガス（燃料）供給量および支燃ガス供給装置 4 からの支燃ガス供給量は、図 6 B および図 6 C に示すように、燃料の種類や熱交換器形状等によって、予め決められた量となっている。

図 7 は、触媒燃焼加熱装置 7 0 の動作を示すフローチャート図である。

制御装置 6 は、図 7 のフローチャートに示すように、NO_x 検知装置 9 が NO_x を検知する（ステップ S 1 1）。NO_x 検知装置 9 で検出された NO_x に対応する NO_x 検知信号から、NO_x 濃度 > 0 かどうかを制御装置 6 が判定する（ステップ S 1 2）。

NO_x が検知されると、制御装置 6 は支燃ガスの供給量を増大（ここでは最大量とする）し、燃焼ガスを希釈する（ステップ S 1 3）。これは、図 6 B の時刻 b に相当する。図 6 A に示すように、火炎燃焼は、希釈ガス中では継続しにくいいため、時刻 b から或時間が経過した後、NO_x 濃度が低下する。

次に、再度、NO_x 濃度の検出が行われる（ステップ S 1 4）。NO_x 濃度 > 0 かどうかを制御装置 6 が判定する（ステップ S 1 5）。NO_x 濃度 > 0 である場合には、燃料供給量を減少させる（ステップ S 1 6）。これは、図 6 C の時刻 c に相当する。火炎燃焼は、燃料供給量が減少すると、継続しにくいいため、時刻 c から或時間が経過した後、NO_x 濃度がさらに低下する。

次いで、引き続き NO_x 濃度の検出が行われる（ステップS17）。 NO_x 濃度 >0 かどうかを制御装置6が判定する（ステップS18）。 NO_x 濃度 >0 でない場合には、処理はステップS11に進む。つまり、ステップS11～ステップS18が繰り返される。 NO_x 濃度 >0 である場合には、処理はステップS16に進む。つまり、 NO_x 濃度が0となるまで、ステップS16～ステップS18が繰り返される。

本実施形態によれば、 NO_x 検知装置9が NO_x を検知することで、火炎の発生を速やかに検出し、これに基づいて支燃ガスまたは可燃ガスの供給量を制御することで、異常燃焼を抑制することができる。よって、本実施形態は、安定した触媒燃焼を行うことができ、高温で触媒が劣化するのを防止することができる。このため、信頼性を向上させることができる。なお、可燃ガスおよび支燃ガス供給量の制御方法は、上記図6に示したものに限らず、 NO_x を検知したら、直ちに可燃ガスを減少または供給停止するようにしてもよい。

第2の実施形態における NO_x 検知装置9を用いた制御は、被加熱流体と燃料ガスの流れ方向が対向する構成の触媒燃焼加熱装置に適用することもできる。この場合、高濃度ガスが供給される燃料ガス流路11の上流側において、高温の被加熱流体が流れるので、フィン51やチューブ5が高温となりやすく、火炎が発生しやすいため、 NO_x 検知装置9を設けることで異常燃焼の防止がより効果的になされる。また、第1の実施形態の構成と、第2の実施形態の構成とを組み合わせても、もちろんよく、この場合、水蒸気の凝縮防止と、火炎燃焼の防止が同時になされ、触媒性能をさらに向上させることができる。

（実施形態3）

図8Aは、第3の実施形態における触媒燃焼加熱装置80の触媒付熱交換器1を示す図である。図8Bは、図8Aに示される触媒付熱交換器1を線分B-Bで切断した場合における切断面を示す図である。

触媒燃焼加熱装置80は、触媒付熱交換器1、制御装置6、温度検出装置8、

および絞り弁 17 を備えている。本実施形態の基本構成は、上述した第 1 の実施形態とほぼ同様であり、以下に、その相違点を中心に説明する。

本実施形態では、可燃ガスと支燃ガスを混合する燃料ガス供給部 2 が設けられておらず、燃料ガス流路 11 の左端部には、支燃ガス供給装置（図示されず）に
5 接続される支燃ガス供給口 14 が配置される。

可燃ガスは、図 8 B に示すように、触媒付熱交換器 1 の側部に設けた可燃ガス供給部 15 から、複数の燃料供給口 16 を通じて燃料ガス流路 11 内に分配供給され、支燃ガスと混合されつつ排気口 13 へ向かう。このように、本実施形態では、燃料ガスは、燃料ガス流路 11 内を被加熱流体と対向する方向に（図の左方
10 から右方へ）流れる。

燃料ガス流路 11 内には、3 層のチューブ 5 の層 5 A ~ 5 C が形成される。複数の燃料供給口 16 は、最上流のチューブ層 5 A の上流側と、最下流のチューブ層 5 C の上流側とに、それぞれ所定数形成されている（図 8 A）。可燃ガス供給部 15 の左端部には、可燃ガス供給装置（図示されず）が接続される。また、可
15 燃ガス供給部 15 内には、弁部材たる絞り弁 17 が配置されている。制御装置 6 がその弁開度を変更することで、下流側の燃料供給口 16 を通じて最下流のチューブ層 5 C に供給される可燃ガスの流量が調整される。絞り弁 17 の弁開度は、排気口 13 内に設けた温度検出装置 8 で検出した燃焼排気ガスの温度に基づき、制御装置 6 によって制御される。

以下に、本実施形態における可燃ガス流量の制御方法について説明する。

図 9 A は下流側可燃ガス流量と時間との関係を示す図であり、図 9 B は排気ガス温度と時間との関係を示す図である。第 1 の実施形態では、温度検出装置 8 で検出される燃焼排気ガス温度が、露点温度より低くなった時（図 3 B の時刻 a）、支燃ガスの供給量を増大することによって排気ガス温度を上昇させた。本実施形
25 態では、温度検出装置 8 で検出される燃焼排気ガス温度が、露点温度より低くなった時（図 9 B の時刻 a）、燃料ガス流路 11 の下流側に供給される可燃ガスの

量が増大して排気ガス温度を上昇させる。

図10は、触媒燃焼加熱装置80の動作を示すフローチャート図である。

温度検出装置8によって燃焼排気ガス温度が検出される（ステップS21）。その温度Tが、燃料ガス組成によって決まる露点温度 T_a （可燃ガスの燃焼によって生じる水蒸気量を基に算出される露点温度）より低いかどうかを制御装置6
5 が判定する（ステップS22）。

ステップS22で $T < T_a$ となったら、制御装置6が、最下流のチューブ層5Cへの可燃ガスの供給量を所定量増加させるように、絞り弁17に制御信号を出力して、弁開度を大きくする（ステップS23）。これにより、最下流のチューブ層5Cにおける酸化反応が活発化し、フィン51表面で発生する熱量が増大する。ステップS22で $T < T_a$ とならなかったら、処理はステップS21に進む。
10

温度検出装置8によって燃焼排気ガス温度が検出される（ステップS24）。ステップS25で、 $T \geq T_a$ とならない場合、処理はステップS23に進む。ステップS23の下流側可燃ガス供給量を増大させる操作を繰り返すことで、燃料ガス流路11の下流側のフィン51表面の温度を、燃料ガスの燃焼時の露点温度 T_a （たとえば水素であれば73℃）以上に上昇させることができる。
15

ステップS25で、 $T \geq T_a$ となったら、制御装置6は、可燃ガスの供給量を保持するように絞り弁17に制御信号を出力する（ステップS26）。

なお、下流側のフィン51表面の温度が必要以上に高くなると、触媒表面温度と燃料ガスの温度差が増大し、燃焼排気ガスの温度が高くなる。このため、触媒燃焼加熱装置80全体の熱交換効率が低下する。これを避けるために、制御装置6は、温度検出装置8で検出する温度Tが露点温度 T_a 付近となるように、可燃ガスの供給量を制御する。
20

以上、本実施形態によれば、被加熱流体の進行方向が燃料ガスの流れ方向と対向する場合に生じる、燃焼排気ガスの温度低下の問題を、制御装置6が、燃料ガスの流路11の下流側へ供給される可燃ガスの供給量を制御することで、解決す
25

ることができる。よって、水蒸気の凝縮により触媒が不活性となって、未燃ガスが排出されることが防止され、信頼性の向上と高い熱交換効率を実現できる。

なお、本実施形態では、最上流の層 5 A の上流側と、最下流の層 5 C の上流側に、それぞれ 3 個の燃料供給口 1 6 が配置されるが、燃料供給口 1 6 の数や設置位置は必ずしもこれに限らず、各層に必要な量の可燃ガスが分離供給可能なように、必要に応じて適宜決定することができる。

(実施形態 4)

図 1 1 A は、第 4 の実施形態における触媒燃焼加熱装置である触媒付熱交換器 1 を示す図である。図 1 1 B は、図 1 1 A に示される触媒付熱交換器 1 を線分 C - C で切断した場合における切断面を示す図である。

第 4 の実施形態の触媒燃焼加熱装置は、触媒付熱交換器 1 を備えている。本実施形態の構成は、上述した第 3 の実施形態から、制御装置、温度検出装置および絞り弁を除いたものである。

たとえば、本実施形態では、可燃ガス供給部 1 5 内に、第 3 の実施形態の絞り弁を設けず、燃料ガス流路 1 1 の上流側への可燃ガス供給路となる可燃ガス供給口 1 6 a と、下流側への可燃ガス供給路となる可燃ガス供給口 1 6 b の流路抵抗が特定の値になるようにし、それぞれに必要な量の可燃ガスが供給される。

具体的には、上流側の可燃ガス供給口 1 6 a の大きさを下流側の可燃ガス供給口 1 6 b よりも大きくし、上流側に十分な量の可燃ガスが供給され、且つ、下流側の可燃ガス供給口 1 6 b の総断面積が、装置の使用最小出力において、最下流のチューブ層 5 C のフィン 5 1 表面が濡れないために必要な可燃ガスが吹き出すに十分な大きさとなるように調整される。

上記構成によれば、触媒燃焼装置の使用最小出力において、可燃ガス供給口 1 6 b を通じて最下流のチューブ層 5 C に所定量以上の可燃ガスが供給されるように流路抵抗が調整されているので、酸化反応によって発生する熱によりフィン 5 1 表面を露点温度以上に保持することができ、水蒸気が凝縮することを防止する

ことができる。

高出力時には、可燃ガス供給部 15 内の流速が高くなり、より多くの燃料が上流側の燃料供給口 16 a から最上流のチューブ層 5 A に供給される。そして、上流側でチューブ 5 内に吸収されなかった熱が燃焼ガスに奪われて下流側のチューブ 5 へ伝達され、最下流のチューブ層 5 C の温度を上昇させるので、触媒表面が濡れるのを防止できる。

このように、本実施形態では、温度の検出や可燃ガスの供給量の調整を行うことなく、下流側のチューブ 5 表面の温度を露点温度以上に保持することができる。よって、部品点数を削減するとともに、制御を簡素化し、安価で効率の高い触媒燃焼加熱装置を実現することができる。

(実施形態 5)

図 12 A は、第 5 の実施形態における触媒燃焼加熱装置 100 を示す図である。触媒燃焼加熱装置 100 は、触媒付熱交換器 101、制御装置 106、および温度検出装置 107 を備えている。図 12 B は、図 12 A に示す触媒付熱交換器 101 を線分 D-D にて切断した場合における切断面を示す図である。

両端開口の筒状の触媒付熱交換器 101 では、その内部が燃料ガスの流路 111 となっている。燃料ガスは可燃ガスと支燃ガスの混合気からなり、可燃ガスとしては、たとえば、水素、メタノール等が使用され、支燃ガスとしては、たとえば、空気等が使用される。

触媒付熱交換器 101 には、図 12 A および図 12 B の左端部に支燃ガス供給口 112 が設けられ、図 12 A および図 12 B の右端部に排気口 113 が設けられ、燃料ガスは、燃料ガスの流路 111 内を図 12 A および図 12 B の左方より右方へ向けて流れる。

また、図 12 B に示すように、触媒付熱交換器 101 の側部には、燃料を分配するための可燃ガスの供給部 105 が形成されている。

燃料ガス流路 111 内には、内部を被加熱流体が流れる多数のチューブ 102

が、燃料ガスの流れと直交する方向（図 1 2 A の上下方向）に延び、これらチューブ 1 0 2 は、燃料ガスの流れ方向に層状に並列配置されている（図 1 2 B）。

ここでは、3 層となるチューブ 1 0 2 の層 1 0 2 A ~ 1 0 2 C が形成される。各チューブ 1 0 2 の外周には、リング状の多数のフィン 1 2 1 がロー付け等の方法で一体に接合されている。その外表面には、アルミナ等の多孔質体を担体として白金、パラジウム等の酸化触媒が担持される。

可燃ガスの供給部 1 0 5 は、チューブ 1 0 2 の各層 1 0 2 A ~ 1 0 2 C に、内部を流れる被加熱流体の状態に応じた量の可燃ガスを分配供給するための多数の燃料供給口 1 5 1 を有している。多数の可燃ガス供給口 1 5 1 は、触媒付熱交換器 1 0 1 の側壁を貫通して燃料ガスの流路 1 1 1 内に開口している（図 1 2 B）。

多数の可燃ガス供給口 1 5 1 は、チューブ 1 0 2 の層 1 0 2 A ~ 1 0 2 C の上流側にそれぞれ所定数形成されて（図 1 2 A）、各層に必要な量の可燃ガスを分離供給する。

各層 1 0 2 A ~ 1 0 2 C に対応する可燃ガス供給口 1 5 1 の数は、各層の被加熱流体の状態に応じて必要な量の可燃ガスが供給されるように適宜決定される。被加熱流体は、沸騰状態である時に熱伝達率が高く、また液体から気体になるために多くの熱量を必要とし、このため、被加熱流体が沸騰状態である中間の層 1 0 2 B の上流側に、他の層よりも多くの可燃ガス供給口 1 5 1 が形成される。

上記可燃ガスの供給部 1 0 5 には、一端側（図 1 2 B の左端側）に可燃ガス供給装置 1 5 2 が接続される。上記燃料ガスの流路 1 1 1 の排気口 1 1 3 内には、温度を検出する温度検出装置 1 0 7 が配置される。この温度検出装置 1 0 7 で検出された燃焼排気ガスの温度に基づいて、流量を制御するための流量制御装置 1 0 6 によって、上記可燃ガスの供給部 1 0 5 に導入される可燃ガスの流量が制御される。また、流量制御装置 1 0 6 は、支燃ガス供給装置 1 1 4 により支燃ガス供給口 1 1 2 に供給される支燃ガスの流量も制御する。

最上流の層 1 0 2 A を構成するチューブ 1 0 2 は、その両端部に設けた流体溜

1 3 1, 1 3 2によって結合されている(図1 2 A)。

同様に、中間の層1 0 2 Bを流体溜1 3 2、1 3 3に、最下流の層1 0 2 Cを流体溜1 3 3、1 3 4に連結し、流体溜1 3 4に被加熱流体の導入管1 4 1を、流体溜1 3 1に導出管1 4 2を連結することで、図1 2 Aに矢印で示すように、
5 燃料ガス流路1 1 1内をジグザクに、下流側より上流側へ向かう被加熱流体の流路が形成される。

被加熱流体としては、たとえば水が使用され、この流路内を流通する間に、燃料ガスの酸化反応熱によって高温に加熱され、沸騰状態を経て、ガス状態となる。ここでは、たとえば、最下流の層1 0 2 Cで被加熱流体が液体状態、中間の層1
10 0 2 Bで沸騰状態、最上流の層1 0 2 Aでガス状態となるように流量、発熱量等を制御する。被加熱流体は、上記被加熱流体供給装置1 0 8により上記導入管1 4 1内に供給され、その流量は、流量制御装置1 0 6により制御される。

なお、チューブ1 0 2外周のフィン1 2 1の取付間隔は、内部を流れる被加熱流体が沸騰状態で必要な熱量が大きい中間の層1 0 2 Bにおいて、他の層よりも
15 小さくなっており(図1 2 A)、中間の層1 0 2 Bの発熱面積が大きくなるようにしている。

また、高温の被加熱流体が流れる最上流の層1 0 2 Aで、上記チューブ1 0 2の径を小さくし、フィン1 2 1やチューブ1 0 2の過熱を防止している。チューブ1 0 2の径や数は、ここでは同一としてあるが、接合されるチューブ1 0 2内
20 の被加熱流体に必要な熱量に応じて適宜変更することもできる。

上述した構成において、燃料ガスの流路1 1 1内には、支燃ガス供給口1 1 2より支燃ガスが供給され、可燃ガスの供給部1 0 5より多数の可燃ガス供給口1 5 1を介して供給される可燃ガスと混合して、チューブ1 0 2の各層に供給される。そして、フィン1 2 1上の触媒と酸化反応を起こし、触媒燃焼しながら、図
25 1 2 Aおよび図1 2 Bの左方から右方へ流れて上記排気口1 1 3へ向かう。ここで、支燃ガスおよび可燃ガスの流量は、流量制御装置1 0 6によって制御され、

本発明では、特に装置始動時可燃ガスの流量を燃焼排気ガス温度を基に制御することで、装置を速やかに始動させる。

次に、この流量制御装置 106 による支燃ガスおよび可燃ガス流量の制御方法を図 13A～図 13D および図 14 を用いて説明する。

5 図 13A は燃焼排気ガス温度と時間との関係を示す図であり、図 13B は支燃ガス流量と時間との関係を示す図であり、図 13C は被加熱流体流量と時間との関係を示す図であり、図 13D は可燃ガス流量と時間との関係を示す図である。図 14 は、触媒燃焼加熱装置 100 の動作を示すフローチャート図である。

10 本実施形態では、上記流量制御装置 106 が、上記温度検出装置 107 によって検出される上記燃焼排気ガス温度が所定温度を越えるまでは、可燃ガスの流量をごく少量とし、燃焼排気ガス温度が所定温度を越えたら、可燃ガスの流量を規定量まで増大させる制御を行う。

15 具体的には、図 14 に示すように、触媒燃焼加熱装置 100 が始動する（ステップ S31）。流量制御装置 106 が、支燃ガスを規定の量だけ供給するように制御し（ステップ S32）、それと同時に可燃ガスを供給するように制御する（ステップ S33）。

20 この時、流量制御装置 106 は可燃ガスの供給量を支燃ガスの流量に対して十分小さくし、支燃ガスに対する可燃ガスの割合を具体的には 4% 未満、好ましくは 1% 程度とするのがよい。支燃ガスに対する可燃ガスの割合が 1% 程度であれば、燃料ガスの流路 111 の上流側で反応しなかった未燃ガスが下流側で一気に反応しても、爆発限界の 4% を十分下回っているため、発火に至ることはない。

25 また、本実施形態では、多数の可燃ガス供給口 151 を設けて可燃ガスを分離供給する構成としており、下流側にも一定割合の可燃ガスが供給されることになるが、可燃ガス流量が十分小さい場合には、可燃ガスの運動エネルギーの影響が極めて少ないため、燃料ガスの流路 111 上流側の可燃ガス供給口 151 から吹き出す可燃ガスの割合が比較的高くなる。よって、可燃ガスが上流側から徐々に

反応しながら下流側に向かうので、極端な可燃ガスの吹き抜けがない。

燃料ガスの流路 1 1 1 の下流側では、上記温度検出装置 1 0 7 が、上記排気口 1 1 3 近傍の燃焼排気ガス温度 T を随時検出する（ステップ S 3 4）。流量制御装置 1 0 6 は検出された燃焼排気ガス温度 T が上昇しているか否かを判定する（ステップ S 3 5）。具体的には、ステップ S 3 5 にて、検出された燃焼排気ガス温度 T が燃焼排気ガス温度 T_b を越えたかどうか判断される。燃焼排気ガス温度 T が上昇している場合、処理はステップ S 3 6 に進み、燃焼排気ガス温度 T が上昇していない場合、処理はステップ S 3 4 に進む。言いかえると、検出された燃焼排気ガス温度 T の明らかな上昇が確認されるまでこれを繰り返す。

たとえば、図 1 3 A に示すように、時刻 a で燃焼排気ガス温度 T が上昇を開始し、時刻 b で燃焼排気ガス温度 T が急上昇している。次に、検出される燃焼排気ガス温度 T が燃焼排気ガス温度 T_b を越えたかどうか判断される。燃焼排気ガス温度 T が燃焼排気ガス温度 T_b を越えた場合、つまり、ステップ S 3 5 にて燃焼排気ガス温度 T が上昇している判断された場合、流量制御装置 1 0 6 は、被加熱流体の供給量が規定量となるように制御し（ステップ S 3 6）、同時に可燃ガスの流量が規定量まで増大するように制御する（ステップ S 3 7）。

支燃ガスの量に対して可燃ガスの量が 1 % と少ない場合、可燃ガスがほぼ完全に酸化しないと燃焼排気ガスの温度上昇は明確に確認できない。つまり、燃焼排気ガスの温度が明らかに上昇を開始すれば、供給された可燃ガスが完全に酸化され、触媒の一部が活性温度に達したとみなすことができる。

また、触媒燃焼では、触媒温度が、反応面積に応じた量の可燃ガスをほぼ完全に酸化するための活性温度の 6 割程度まで上昇すれば、その後は燃料の増量に伴って、反応が活発化する。よって、図 1 3 C ~ 図 1 3 D に示すように、時刻 b で被加熱流体および可燃ガスの流量を規定量まで増大させると同時に、触媒燃焼が促進されて、燃焼排気ガスの温度 T がさらに上昇する。図 1 3 A に示すように、時刻 c を過ぎると温度上昇が小さくなり、燃焼が安定化して燃焼排気ガスの温度

Tがほぼ一定となる。

以上のように、上記構成によれば、発火等の危険を回避しつつ、触媒付熱交換器全体を速やかに活性化し、短時間で装置を始動させることができる。また、多数の可燃ガス供給口151を設けて触媒付熱交換器の可燃ガスを分離供給する構成としたので、各部位に被加熱流体の状態に応じた量の可燃ガスを供給することができる。よって、水素のように反応速度が比較的早い可燃ガスを使用した場合でも、燃料ガスの流路111の上流側で触媒反応量が多くなりすぎて、フィン121やチューブ102が過昇温となり、発火したりするのを防止することができる。また、各部位に必要な量の可燃ガスを供給することで、高い熱交換効率を実現することができる。

(実施形態6)

図15Aは、第6の実施形態における触媒燃焼加熱装置160である触媒付熱交換器101を示す図である。図15Bは、図15Aに示される触媒付熱交換器101を線分E-Eで切断した場合における切断面を示す図である。

本実施形態では、触媒付熱交換器101内に形成した燃料ガスの流路111の排気口113内に、第5の実施形態における温度検出装置107の代わりに、可燃ガス濃度検出装置109が配置される。その他の構成は上記第5の実施形態とほぼ同様である。可燃ガス濃度検出装置109は、上記排気口113近傍における燃焼排気ガス中の可燃ガス濃度を検出するためのもので、この検出結果を基に、流量制御手段たる流量制御装置106にて、上記可燃ガスの供給部105に導入される可燃ガスの流量を制御する。

以下、上記流量制御装置106による支燃ガスおよび可燃ガス流量の制御方法を図16A～図16Dおよび図17を用いて説明する。

図16Aは可燃ガス濃度と時間との関係を示す図であり、図16Bは支燃ガス流量と時間との関係を示す図であり、図16Cは被加熱流体流量と時間との関係を示す図であり、図16Dは可燃ガス流量と時間との関係を示す図である。図1

7 は、触媒燃焼加熱装置 160 の動作を示すフローチャート図である。

本実施形態では、上記流量制御装置 106 が、上記可燃ガス濃度検出装置 109 によって検出される可燃ガス濃度が所定濃度を下回るまでは、可燃ガスの流量をごく少量とし、可燃ガス濃度が所定濃度を下回ったら、可燃ガスの流量を規定量まで増大させる制御を行う。

具体的には、触媒燃焼加熱装置 160 を始動させる（ステップ S41）。流量制御装置 106 が、支燃ガスを規定の量だけ供給するように制御し（ステップ S42）、同時に支燃ガスの 1% 程度の可燃ガスを供給するように制御する（ステップ S43）。

燃料ガスの流路 111 の下流側では、上記可燃ガス濃度検出装置 109 が、上記排気口 113 近傍の可燃ガス濃度 H を随時検出する（ステップ S44）。流量制御装置 106 が可燃ガス濃度 H が減少しているか否かを判定する（ステップ S45）。可燃ガス濃度 H が減少している場合、処理はステップ S46 に進み、可燃ガス濃度 H が減少していない場合、処理はステップ S44 に進む。つまり、可燃ガス濃度 H が急激に低下するまでこれを繰り返す。

たとえば、図 16A では、時刻 a で可燃ガス濃度 H が低下し始め、時刻 b では、可燃ガス濃度 H が急激に低下している。検出された可燃ガス濃度 H が所定の可燃ガス濃度を下回ったかどうか判断される。

検出された可燃ガス濃度 H が基準値を下回ったら、流量制御装置 106 は、規定量の被加熱流体が供給されるように制御し（ステップ S46）、同時に可燃ガスの流量が規定量になるように制御する（ステップ S47）。

このように、可燃ガス濃度 H が急激に低下することによって検出することによっても、供給された可燃ガスが完全に酸化され、触媒の一部が活性温度に達したとすることができ、可燃ガス濃度 H が所定濃度を下回ったかどうかに基づいて、被加熱流体および可燃ガスの流量を制御することで、触媒付熱交換器全体を速やかに活性化し、短時間で装置を始動させる同様の効果が得られる。

(実施形態 7)

図 18 は、第 7 の実施形態における触媒燃焼加熱装置である触媒付熱交換器 201 を示す図である。図 19 は、図 18 に示される触媒付熱交換器 201 を線分 F-F で切断した場合における切断面を示す図である。

5 本実施形態の触媒燃焼加熱装置は、ハウジング 251 と、これらと一体的に設けられた燃料ガス供給部 252 および触媒付熱交換器 201 とを備えている。

ハウジング 251 は、両端が開口した断面四角形の筒状のもので、全体長の半分強を占め、一定の辺長の中央部 253 を有している。その両側部分 264、265 が、一方の開口端 212 方向および他方の開口端 213 方向へ細る台形に成形され、それらを台形部 264、265 と呼ぶ。

10 ハウジング 251 の一方の開口端 212 を支燃ガス供給口 212 と称し、空気等の支燃ガスがハウジング 251 内に供給される。ハウジング 251 の他方の開口端 213 を燃焼後の排気ガスが排出される排気口 213 と称し、ハウジング 251 内に支燃ガス供給口 212 から排気口 213 に到るガス流が形成される。

15 燃料ガス供給部 252 は、ハウジング 251 内の中央部 253 に台形部 264 寄りに、対向するハウジング 251 壁間を橋渡しする複数の先端閉鎖の管状部 271 がハウジング 251 の軸線に対して直交する方向に並列配置してあり、その基端がハウジング 251 の周壁面に設けた、各管状部 271 に共通の管寄せ 273 と連通している。

20 管寄せ 273 は、これに水素等の燃料ガスを供給する配管 274 が接続され、燃料ガスが管寄せ 273 を介して各管状部 271 に分配供給される。各管状部 271 には、支燃ガス供給口 212 側に複数の噴射口 272 が形成してあり、これから燃料ガスが台形部 264 に向けて、すなわち支燃ガス供給口 212 から流入する支燃ガス流に対抗するように噴射され、噴射口 272 近接位置において支燃ガスと燃料ガスとが良好に混合される。この混合気は噴射口 272 近接位置を最上流部とする混合気流を生成し触媒付熱交換器 201 のあるガス流下流側へと流れる。

25 触媒付熱交換器 201 は、ハウジング 251 内の中央部 253 の、燃料供給部 2 の管状部 271 よりもガス流下流側に、対向するハウジング 251 壁間を橋渡

しする多数のチューブ 202 が設置されている。

この多数のチューブ 202 は、ハウジング 251 の軸線方向に層状に配置され、各層 203 A、203 B、203 C においてチューブ 202 は、ハウジング 251 の軸線および燃料ガス供給部 2 の管状部 271 と直交する方向に並列配置される。

この 3 つの層 203 A ~ 203 C のチューブ 202 は、管寄せ 234、233、232、231 により連結し、一つの管路を形成している。かかる管路の一端部である管寄せ 234 には導入路 241 から水等の被加熱流体が導入され、図 18 および図 19 に矢印で示すように、ガス流の下流側より上流側へ向かう被加熱流体の流れが形成される。

被加熱流体は、管路の他端部である管寄せ 231 と連通する導出路 242 へと導出され、暖房用等に用いられる。

各チューブ 202 の外周には触媒部たる多数のフィン 221 がロー付け等の方法で接合されている。フィン 221 は、平板をリング状に成形したもので、その表面に白金やパラジウム等の酸化触媒が担持してある。

なお、フィン 221 の外径、数は、接合されるチューブ 202 内を流れる被加熱流体に必要な熱量に応じて適宜設定される。

触媒付熱交換器 201 において、混合気を形成する燃料ガスがフィン 221 上の酸化触媒の作用で触媒燃焼しながら排気口 253 へ向かう。触媒燃焼により発生した燃焼熱は、フィン 221 からチューブ 202 に伝達され、管壁を介して内部を流れる被加熱流体を加熱する。排気ガスは、排気口 213 から排出される。

ここで、被加熱流体の進行方向はガス流の流れ方向と逆方向であり、導入口 241 に近い層 203 A のチューブ 202 を流れる被加熱流体はまだ低温であり、排気口 213 から排出される直前の比較的温度の高い排気ガスから効率よく受熱する。被加熱流体は、ガス流の上流側に向かうにつれて高温に加熱され、ガス流上流側の層 203 C のチューブ 202 内を流れる被加熱流体が最も高温となり、効率よく熱交換が行われるようになっている。

台形部 264 の中程には温度検出部たる測温抵抗体等の温度センサ 207 が設けてある。温度センサ 207 は、ハウジング 251 壁に形成した取り付け用の穴

に埋め込み固定してあり、台形部 2 6 4 位置におけるハウジング 2 5 1 内温度を検出するようになっている。その検出信号は、燃料ガスおよび支燃ガスの流量等、装置全体を制御するコンピュータに入力するようになっている。コンピュータには、気相燃焼が生じた時の台形部 2 6 4 におけるハウジング 2 5 1 内温度が、気相燃焼の有無を判定するしきい値として記憶してあり、コンピュータが検出温度としきい値とを比較して気相燃焼の有無を判定するようになっている。

上記触媒燃焼加熱装置の作動を説明する。正常に触媒燃焼が行われている時には、触媒付熱交換器 2 0 1 のチューブ 2 0 2 およびフィン 2 2 1 は気相燃焼時に比べると低温であり、また触媒燃焼がフィン 2 2 1 表面において行われることで、燃焼熱はフィン 2 2 1 からチューブ 2 0 2 に伝達されて、効率よくチューブ 2 0 2 内を流れる被加熱流体と熱交換するから、ハウジング 2 5 1 内は全体的にあまり温度が高くない。しかも温度センサ 2 0 7 が設置されている台形部 2 6 4 等の、チューブ 2 0 2 よりも上流側は支燃ガスの流通や、支燃ガスと燃料ガスとの混合が行われているので、温度センサ 2 0 7 の検出する温度は、燃焼出力の変化時であっても低温で安定している。

層 2 0 3 A、2 0 3 B、2 0 3 C のフィン 2 2 1 の表面では、それぞれ触媒燃焼が行われるが、混合気の濃度はガス流上流側ほど高いから、最も上流側の層 2 0 3 C において最も多く熱量が発生し、支燃ガスの供給不足などでガス流上流側の層 2 0 3 C が異常な高温となりやすい。また、本実施形態では上記のごとく被加熱流体の流れる方向がガス流とは反対方向としているので、ガス流上流側の層 2 0 3 C のチューブ 2 0 2 を流れる被加熱流体の温度が最も高くなり、この傾向がより強い。ガス流上流側の層 2 0 3 C が異常高温となって混合気が発火すると、火炎は、混合気流の量上流部である燃料供給部 2 の噴射口 2 7 2 の近接位置で形成される。

この火炎にさらされ、燃料供給部 2 の噴射口 2 7 2 と近接するハウジング 2 5 1 の台形部 2 6 4 が燃焼熱により昇温するが、気相燃焼では燃焼温度が高いから相当高温となる。一方、気相燃焼が発生することで、フィン 2 2 1 はガス流上流

側の層 2 0 3 C であっても効率よく受熱できないため昇温は抑えられる。

したがって従来の、温度センサをフィン 2 2 1 に設けた装置では、気相燃焼を検知することが困難であるのに対して、本実施形態では、温度センサ 2 0 7 は台形部 2 6 4 に取り付けられているから、上記のごとくガス流上流側の層 2 0 3 C だけが異常高温となっても火炎にさらされて検出温度が気相燃焼の燃焼温度に応じて上昇し、所定のしきい値を越えると上記コンピュータにより気相燃焼発生と判定される。また触媒燃焼時と気相燃焼発生時とで温度差がはっきり顕れる位置に温度センサ 2 0 7 を設けているので、気相燃焼の検知感度がよい。したがって、常に高い確率で気相燃焼が検知できる。

なお本実施形態では温度センサ 2 0 7 はハウジング 2 5 1 の台形部 2 6 4 に設けているが、必ずしもこれに限定されるものではなく、燃料ガス供給部 2 5 2 の噴射口 2 7 2 に近接しチューブ 2 0 2 よりもガス流上流側位置であればよく、たとえば燃料ガス供給部 2 5 2 のハウジング 2 5 1 内への突出部である管状部 2 7 1 に設けてもよい。

また、本実施形態は、被加熱流体の流れる方向とガス流とが同じ方向の装置にも適用できる。

産業上の利用可能性

本発明の触媒燃焼加熱装置は、上記燃料ガス流路内の燃焼排気ガスが露点温度であるか否かを検出する検出部と、この露点温度であるか否かを検出する検出部の検出結果に基づいて、上記燃料ガス流路に供給される上記支燃ガスもしくは上記可燃ガスの供給量を制御する制御部を備えている。

燃焼排気ガス中に含まれる水蒸気の割合およびその水蒸気が凝縮する温度（露点温度）は、供給される燃料ガスの組成によって決まり、熱交換器内の触媒の表面温度が燃料ガスを燃焼させた時の露点温度以上であれば、触媒表面に水蒸気が凝縮することを防止できる。また、支燃ガスの供給量を増大させると、酸化反応

によって発生した熱の一部が、流速の高まった燃料ガスおよび燃焼排気ガスを媒体として下流側に運ばれ、熱交換器内の温度を上昇させることができる。よって、上記燃料ガス流路内の燃焼排気ガスが露点温度であるか否かを検出し、その温度が露点温度以下となった時に、上記制御部によって支燃ガスの供給量を増大させて、燃焼排気ガスの温度、すなわち触媒の表面温度が露点温度以上になるようにすれば、水蒸気の凝縮を防止し、触媒活性の低下や未燃ガスの排出を防止できる。

また、可燃ガスの供給量を増大させると、酸化反応が促進されて触媒表面で発生する熱が増大し、熱交換器内の温度を上昇させる。よって、上記燃料ガス流路内の燃焼排気ガスが露点温度であるか否かを検出し、その温度が露点温度以下となった時に、上記制御部により、上記燃料ガス流路の下流側への可燃ガスの供給量を増大させることによっても、触媒の表面温度を露点温度以上に上昇させて、水蒸気の凝縮を防止する同様の効果が得られる。かくして、触媒性能を十分に発揮させることができ、高い熱交換効率と信頼性とを両立させることができる。

本発明の触媒燃焼加熱装置の検出部が、上記燃焼排気ガスの温度を検出する検出部もしくは上記チューブ外表面の温度を検出する検出部であってもよい。このように、燃焼排気ガスの温度または上記チューブ外表面の温度を検出することで、触媒の表面温度が露点温度であるか否かを検出することができる。

本発明の触媒燃焼加熱装置の検出部が、上記燃料ガス流路の出口近傍に設けられてもよい。熱交換器内の触媒の表面温度は、上記燃料ガス流路の出口近傍で最も低くなるので、この部分における温度を検出することで、熱交換器内の触媒全体が露点温度に達しているかどうかを検出することができる。

本発明の触媒燃焼加熱装置では、酸化触媒を上記チューブの外表面に接合したフィンが担持されてもよい。この場合、上記チューブ外表面の温度を検出する検出部によって、上記燃料ガス流路の出口近傍における上記フィンの表面温度を検出するようにし、検出される上記フィンの表面温度に応じて、上記制御部により支燃ガスの供給量または上記可燃ガスの供給量を制御することで同様の効果が得

られる。

本発明の触媒燃焼加熱装置では、前記燃料ガス流路内の燃焼排気ガスの温度が、供給される燃料ガスの組成によって決定される露点温度以下であるという検出結果を前記検出部が出力した場合、前記制御部が、前記燃焼排気ガスの温度を露点温度以上に上昇させるために、前記支燃ガスの供給量を増大させるように制御してもよい。上記検出結果を上記制御部に随時入力し、燃焼排気ガスの温度が露点温度以下となったら、速やかに支燃ガス供給量を増加させることで、上述したような問題を解決することができる。

本発明の触媒燃焼加熱装置では、前記燃料ガス流路内の燃焼排気ガスの温度が、供給される燃料ガスの組成によって決定される露点温度以下であるという検出結果を前記検出部が出力した場合、前記制御部が、前記燃焼排気ガスの温度を露点温度以上に上昇させるために、前記燃料ガス流路の下流側への前記可燃ガスの供給量を増大させるように制御してもよい。この場合も、上記検出結果を上記制御部に随時入力し、燃焼排気ガスの温度が露点温度以下となったら、速やかに下流側への可燃ガス供給量を増加させることで上述した効果が容易に得られる。

本発明の触媒燃焼加熱装置では、前記触媒燃焼加熱装置が、前記可燃ガスを前記燃焼ガス流路の上流側および下流側に、分配供給するための複数の可燃ガス供給口を有する可燃ガス供給部と、前記可燃ガス供給部内に、前記燃料ガス流路の下流側へ供給される前記可燃ガスの流量を調節するための弁部材とをさらに備え、前記制御部が、前記弁部材の弁開度を調節するよう制御してもよい。このため、弁部材の弁開度を上記制御部が調節し、燃焼排気ガスの温度が露点温度以下となった時に、弁開度を大きくして、下流側の可燃ガス供給口から上記燃料ガス流路の下流側へ供給される上記可燃ガスの量を増大させることができる。

本発明の触媒燃焼加熱装置では、前記燃料ガスの流れの方向と前記被加熱流体の流れの方向が対向していてもよい。水蒸気の凝縮を防止する効果は、特に、燃焼排気ガスの出口に低温の被加熱流体が導入される、上記構成において効果的に

発揮される。

本発明の触媒燃焼加熱装置では、前記支燃ガスが空気であってもよい。可燃ガスを酸化させるための支燃ガスとしては空気が最も一般的で経済的である。

5 本発明の他の触媒燃焼加熱装置は、燃料ガス流路内の燃焼排気ガスに含まれる窒素酸化物の濃度を検出する検出部の検出結果に基づいて、燃料ガス流路に供給される支燃ガスの供給量および可燃ガスの供給量のうちの少なくとも1つを制御する制御部を備えている。

10 触媒燃焼器内で火炎が発生すると、正常な触媒燃焼時には発生しない窒素酸化物が発生する。一方、触媒による酸化反応は、火炎を生じる燃焼よりも低温で成り立ち、火炎が生じないような希釈燃料ガスにおいても酸化反応が可能である。

つまり、窒素酸化物成分を検出する検出部を用いて、燃焼排気ガス中の窒素酸化物を検出することによって、火炎が生じたことを検出することが可能であり、その際、燃料ガス中の可燃ガスの供給量を低減し、または支燃ガスの供給量を増大するような制御を行うことで火炎が生じないようにすることができる。よって、
15 触媒の劣化を防止して、触媒性能を十分に発揮させ、高い熱交換効率と信頼性とを両立させることができる。

本発明の他の触媒燃焼加熱装置では、検出部が、燃料ガス流路の出口近傍に設けられてもよい。これにより、触媒燃焼器内における火炎の発生を確実に検出することができる。

20 本発明の他の触媒燃焼加熱装置では、検出部が、窒素酸化物の濃度が一定値以上であると検出した場合、前記制御部が、前記可燃ガスの供給量を減少あるいは前記支燃ガスの供給量を増大させる制御を行ってもよい。支燃ガスの供給量を増大して燃料ガスを希釈し、さらに燃料である可燃ガスの供給量を減少あるいは停止すれば、火炎燃焼が継続できなくなり、新たな火炎の発生も防止できる。

25 本発明のさらに他の触媒燃焼加熱装置では、燃料ガス流路の下流側における発熱量が、触媒燃焼加熱装置の最小出力時に、燃料ガス流路内の燃焼排気ガスの温

度が燃料ガスの組成によって決まる露点温度以上となるように、複数の可燃ガス供給路の流路抵抗が設定されている。

複数の可燃ガス供給路を設けて、上記可燃ガスの一部を上記燃料ガス流路の下流側に直接供給することで、下流側における酸化反応を促進し、触媒表面で発生する熱を増大させることができる。従って、上記複数の可燃ガス供給路の流路抵抗を調整し、装置の最小出力時に、下流側の上記可燃ガス供給路を通じて所定量以上の可燃ガスが供給されるようにすれば、触媒の表面温度を燃焼排気ガスの露点温度以上に上昇させて、水蒸気の凝縮を防止することができる。また、燃焼排気ガスが露点温度であるか否かを検出する検出部や、可燃ガスまたは支燃ガスの供給量を制御する部が不要であるので、より簡単な構成で、触媒活性の低下や未燃ガスの排出を防止することができる。

本発明のある触媒燃焼加熱装置は、燃料ガスの流路の出口近傍における燃焼排気ガスの温度もしくは可燃ガスの濃度を検出する検出部の検出結果に基づいて、前記可燃ガスの流量を制御する流量制御部を備えている。

触媒燃焼では、触媒温度が、反応面積に応じた量の可燃ガスをほぼ完全に酸化するための活性温度の6割程度まで上昇すれば、その後は燃料の増量に伴って、反応が活発化する。また、触媒付熱交換器の一部が十分活性化すれば、周囲の触媒はその輻射熱や燃焼ガスを媒体とする熱の移動によって瞬く間に活性温度に達する。そこで、本発明のある触媒燃焼加熱装置では、上記検出手段を用いて触媒付熱交換器内の触媒の活性化状態を知り、それに応じて上記可燃ガスの流量を制御する。たとえば、上記可燃ガスの割合が上記支燃ガスに対してごく小さければ、未燃ガスが上記燃料ガス流路の下流側で一気に反応しても、発火に至ることはない。また、可燃ガス流量が小さければ、上流から徐々に反応しながら下流側に向かうので、極端な可燃ガスの吹き抜けがない。

また、このように支燃ガスの量に対して可燃ガスの量が少ない場合、可燃ガスがほぼ完全に酸化しないと燃焼排気ガスの温度上昇を明確に確認できない。つま

り、燃焼排気ガスの温度が明らかに上昇を開始すれば、供給された可燃ガスが完全に酸化され、触媒の一部が活性温度に達したとみなすことができる。あるいは、上記可燃ガスの濃度が急激に低下すれば、供給された可燃ガスが完全に酸化され、触媒の一部が活性温度に達したとみなすことができる。従って、上記流量制御手段により、これらの状態が検出されるまでは可燃ガスの流量が少なくなるようにし、これらの状態が検出されたら可燃ガス流量を増大するように制御すれば、発生する熱を効果的に利用して、早期に触媒付熱交換器全体を活性化することができる。よって、構成が簡単で、多数の温度をモニタする必要がなく、未燃ガスの排出や発火等を防止して、安全で始動時間の短い触媒燃焼加熱装置を実現できる。

本発明のある触媒燃焼加熱装置では、検出部によって検出される燃焼排気ガスの温度が所定温度を越えるまで、あるいは前記可燃ガスの濃度が所定濃度を下回るまで、可燃ガスの流量が前記支燃ガスに対して小さくなるように前記流量制御部が制御し、燃焼排気ガスの温度が所定温度を越え、あるいは前記可燃ガスの濃度が所定濃度を下回ったら、前記可燃ガスの流量が所定の量まで増大するように前記流量制御部が制御してもよい。

具体的には、燃焼排気ガスの温度が明らかに上昇を開始し、所定温度を超えたことを確認すれば、供給された可燃ガスが完全に酸化され、触媒の一部が活性温度に達したとみなすことができる。あるいは、上記可燃ガスの濃度が急激に低下し、所定温度を下回れば、供給された可燃ガスが完全に酸化され、触媒の一部が活性温度に達したとみなすことができる。そこで、上記燃焼排気ガスの温度が所定温度を超えたかどうか、または上記可燃ガスの濃度が所定濃度を下回ったかどうかを検出するようにする。また、上記可燃ガスの割合が十分小さければ、可燃ガスが下流側で一気に反応しても危険な状態となることはなく、安全性が確保できる。

本発明のある触媒燃焼加熱装置では、触媒付熱交換器が、チューブの各部位に、前記チューブの内部を流れる被加熱流体の状態に応じた量の前記可燃ガスを分配

供給する燃料分配部を有してもよい。

燃料ガスの流路内に、チューブ内の被加熱流体の状態に応じて可燃ガスを分離導入する構成では、下流側のチューブにも一定割合の可燃ガスが常に供給されるため、上記燃料ガスの流路の上流に可燃ガスと支燃ガスの混合ガスを供給する構成に比べ、下流側において燃料ガスが高濃度となりやすい。このような場合でも、本発明のある触媒燃焼加熱装置により、検出手段の検出結果に基づいて上記流量制御手段により可燃ガスの流量を制御することで、安全に触媒の早期活性化を行うことができる。また、上記構成では、可燃ガスを分離導入し、定常燃焼時には上記チューブの各部位にそれぞれ必要な量の可燃ガスを供給することで、フィンやチューブの局部過熱を防止しながら効率よく触媒燃焼を行い、熱交換効率を高めることができる。

本発明のさらにある触媒燃焼加熱装置では、ハウジング内には前記噴射口に近接し、且つ、チューブよりも一方の開口端側に温度検出部が設けられている。

触媒部の一部が異常高温になって混合気が発火すると、混合気流の最上流部である噴射口の近接位置で気相燃焼が生じるから、その火炎にさらされ上記噴射口に近接して設けられた温度検出手段は、常に検出温度が気相燃焼の高い燃焼温度に応じた温度まで上昇する。温度検出手段により、気相燃焼が触媒部の一部の異常高温によるものであっても気相燃焼の発生が知られる。また、温度検出手段が設けられる、噴射口に近接しかつチューブよりも一方の開口端側は、正常な触媒燃焼時、燃焼前の燃料ガスと支燃ガスとが存在しているところであるから、触媒付熱交換器よりもかなり低温に保たれる。したがって、気相燃焼発生時の検出温度の昇温幅が大きく検出感度がよい。しかして高い確度でもって気相燃焼の発生が知られる。

本発明のさらにある触媒燃焼加熱装置では、温度検出部が、ハウジング内に突出する燃料供給部の突出部に設けられている。

請求の範囲

5 1. 可燃ガスと支燃ガスを含む燃料ガスが流通する燃料ガス流路中に、内部に被加熱流体が流れるチューブと、前記チューブの外表面に燃料ガスと接触して酸化反応を生起する酸化触媒とを有し、前記燃料ガスの酸化反応熱により被加熱流体を加熱する触媒付熱交換器、

前記燃料ガス流路内の燃焼排気ガスの温度がその露点温度であるか否かを検出する検出部、および

10 前記検出部の検出結果に基づいて、前記燃料ガス流路に供給される前記支燃ガスの供給量および前記可燃ガスの供給量のうちの少なくとも1つを制御する制御部を備えた触媒燃焼加熱装置。

15 2. 前記検出部が、前記燃焼排気ガスの温度を検出する温度検出部および前記チューブ外表面の温度を検出する温度検出部のうちのいずれか1つである請求項1に記載の触媒燃焼加熱装置。

3. 前記検出部が、前記燃料ガス流路の出口近傍に設けられた請求項1に記載の触媒燃焼加熱装置。

20 4. 前記酸化触媒が、前記チューブの外表面に接合したフィンに担持され、前記チューブ外表面の温度を検出する温度検出部が、前記燃料ガス流路の出口近傍における前記フィンの表面温度を検出する表面温度検出部である請求項2に記載の触媒燃焼加熱装置。

25 5. 前記燃料ガス流路内の燃焼排気ガスの温度が、供給される燃料ガスの組成によって決定される露点温度以下であるという検出結果を前記検出部が出力した

場合、前記制御部が、前記燃焼排気ガスの温度を露点温度以上に上昇させるために、前記支燃ガスの供給量を増大させるように制御する請求項 1 に記載の触媒燃焼加熱装置。

- 5 6. 前記燃料ガス流路内の燃焼排気ガスの温度が、供給される燃料ガスの組成によって決定される露点温度以下であるという検出結果を前記検出部が出力した場合、前記制御部が、前記燃焼排気ガスの温度を露点温度以上に上昇させるために、前記燃料ガス流路の下流側への前記可燃ガスの供給量を増大させるように制御する請求項 1 に記載の触媒燃焼加熱装置。

10

7. 前記触媒燃焼加熱装置が、前記可燃ガスを前記燃焼ガス流路の上流側および下流側に、分配供給するための複数の可燃ガス供給口を有する可燃ガス供給部と、

15

前記可燃ガス供給部内に、前記燃料ガス流路の下流側へ供給される前記可燃ガスの流量を調節するための弁部材とをさらに備え、

前記制御部が、前記弁部材の弁開度を調節するよう制御する請求項 6 に記載の触媒燃焼加熱装置。

20

8. 前記燃料ガスの流れの方向と前記被加熱流体の流れの方向が対向している請求項 1 に記載の触媒燃焼加熱装置。

9. 前記支燃ガスが空気である請求項 1 に記載の触媒燃焼加熱装置。

25

10. 可燃ガスと支燃ガスを含む燃料ガスが流通する燃料ガス流路中に、内部に被加熱流体が流れるチューブと、前記チューブの外表面に燃料ガスと接触して酸化反応を生起する酸化触媒とを有し、前記燃料ガスの酸化反応熱により被加熱

流体を加熱する触媒付熱交換器、

前記燃料ガス流路内の燃焼排気ガスに含まれる窒素酸化物の濃度を検知する検知部、および

- 5 前記検出部の検出結果に基づいて、前記燃料ガス流路に供給される前記支燃ガスの供給量および前記可燃ガスの供給量のうちの少なくとも1つを制御する制御部を備えた触媒燃焼加熱装置。

1 1. 前記検出部が、前記燃料ガス流路の出口近傍に設けられた請求項10に記載の触媒燃焼加熱装置。

10

1 2. 前記検知部が、窒素酸化物の濃度が一定値以上であると検知した場合、前記制御部が、前記可燃ガスの供給量を減少あるいは前記支燃ガスの供給量を増大させる制御を行う請求項10に記載の触媒燃焼加熱装置。

15

1 3. 可燃ガスと支燃ガスを含む燃料ガスが流通する燃料ガス流路中に、内部に被加熱流体が流れるチューブと、前記チューブの外表面に燃料ガスと接触して酸化反応を生起する酸化触媒とを有し、前記燃料ガスの酸化反応熱により被加熱流体を加熱する触媒付熱交換器、および

20 前記可燃ガスを上記燃料ガス流路の上流側および下流側に分配供給するため、流路抵抗の異なる複数の可燃ガス供給路を備えた触媒燃焼加熱装置であって、

前記燃料ガス流路の下流側における発熱量が、前記触媒燃焼加熱装置の最小出力時に、前記燃料ガス流路内の燃焼排気ガスの温度が燃料ガスの組成によって決まる露点温度以上となるように、前記複数の可燃ガス供給路の流路抵抗を設定する触媒燃焼加熱装置。

25

1 4. 可燃ガスと支燃ガスを含む燃料ガスが流通する燃料ガス流路中に、内部

に被加熱流体が流れるチューブと、前記チューブの外表面に燃料ガスと接触して酸化反応を生起する酸化触媒とを有し、前記燃料ガスの酸化反応熱により被加熱流体を加熱する触媒付熱交換器、

5 前記燃料ガスの流路の出口近傍における燃焼排気ガスの温度もしくは前記可燃ガスの濃度を検出する検出部、および

前記検出部の検出結果に基づいて、前記可燃ガスの流量を制御する流量制御部を備えた触媒燃焼加熱装置。

10 15. 前記検出部によって検出される前記燃焼排気ガスの温度が所定温度を越えるまで、あるいは前記可燃ガスの濃度が所定濃度を下回るまで、前記可燃ガスの流量が前記支燃ガスに対して小さくなるように前記流量制御部が制御し、

前記燃焼排気ガスの温度が所定温度を越え、あるいは前記可燃ガスの濃度が所定濃度を下回ったら、前記可燃ガスの流量が所定の量まで増大するように前記流量制御部が制御する請求項14に記載の触媒燃焼加熱装置。

15

16. 前記触媒付熱交換器が、前記チューブの各部位に、前記チューブの内部を流れる被加熱流体の状態に応じた量の前記可燃ガスを分配供給する燃料分配部を有する請求項14に記載の触媒燃焼加熱装置。

20

17. 両端開口の筒状に形成され、一方の開口端から支燃ガスが導入されるハウジングと、

前記ハウジング内に向けて形成された噴射口から、前記ハウジング内に燃料ガスを供給する燃料ガス供給部と、

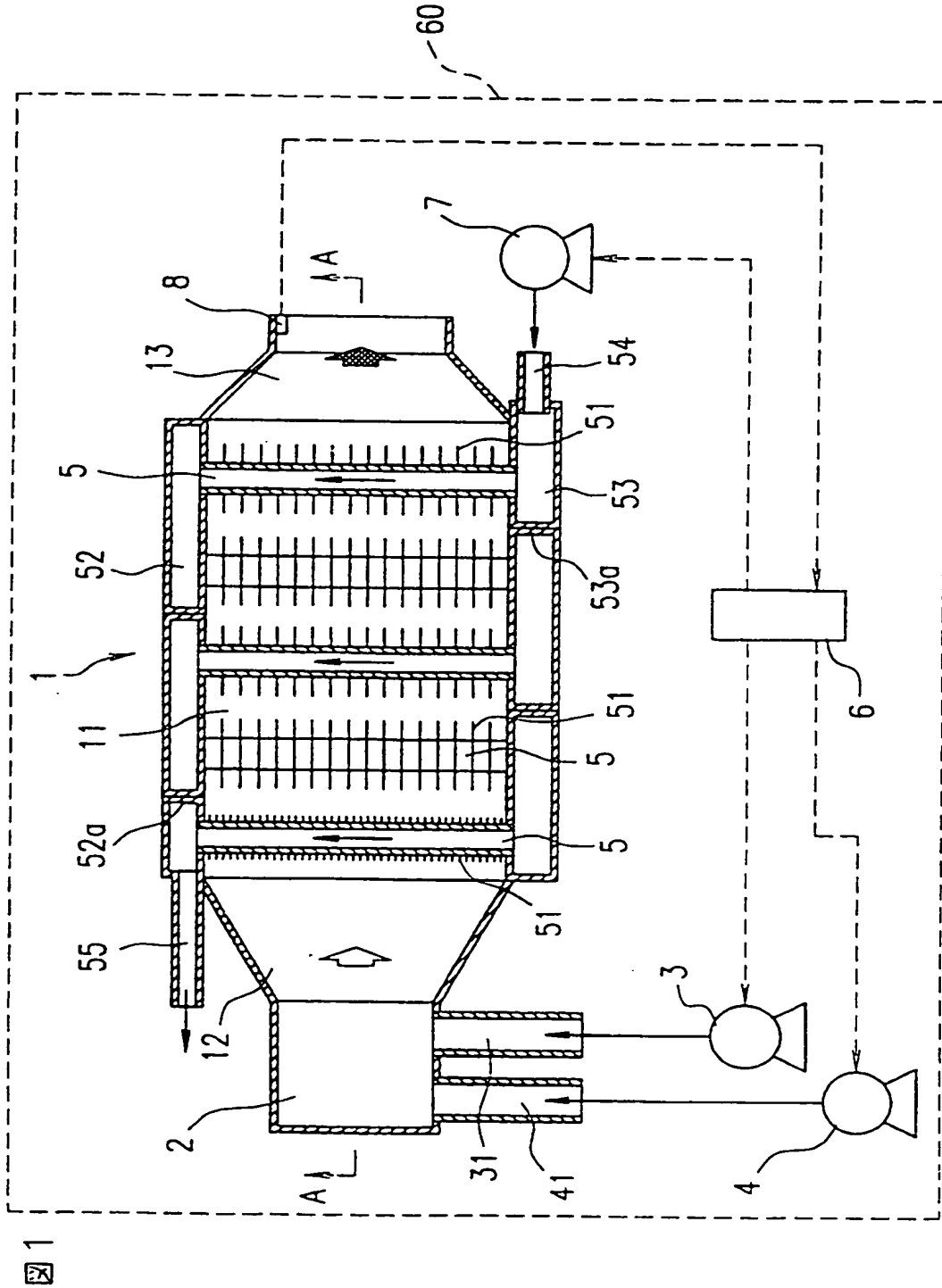
25

前記ハウジング内の前記噴射口よりも下流位置に配設して内部に被加熱流体が流れる複数のチューブの外周で燃料ガスと接触して酸化反応を生起する触媒部を形成してなる触媒付熱交換器とを有する触媒燃焼加熱装置であって、

前記ハウジング内には前記噴射口に近接し、且つ、前記チューブよりも前記一

方の開口端側に温度検出部を設けた触媒燃焼加熱装置。

18. 前記温度検出部が、前記ハウジング内に突出する前記燃料供給部の突出部に設けられた請求項17に記載の触媒燃焼加熱装置。



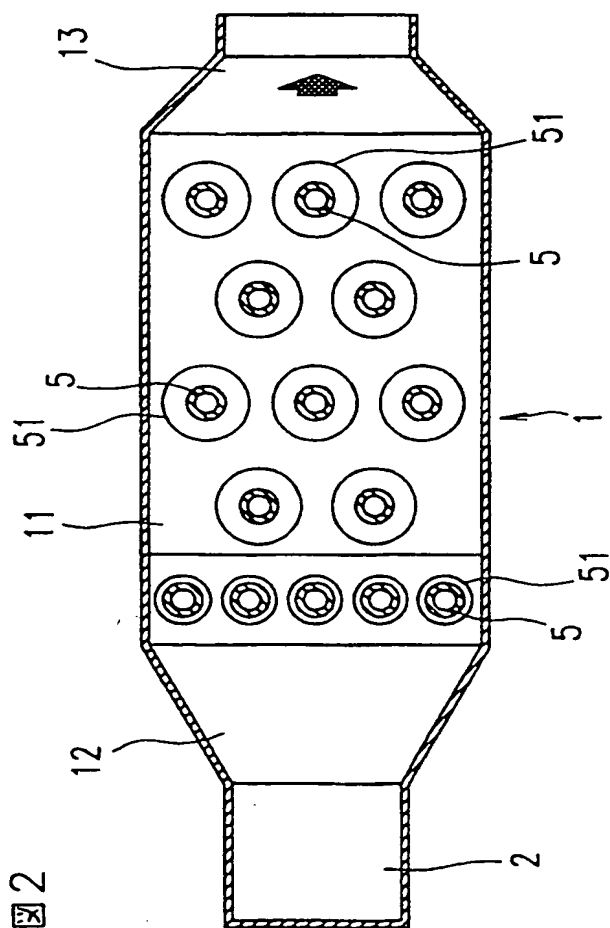


図 3A

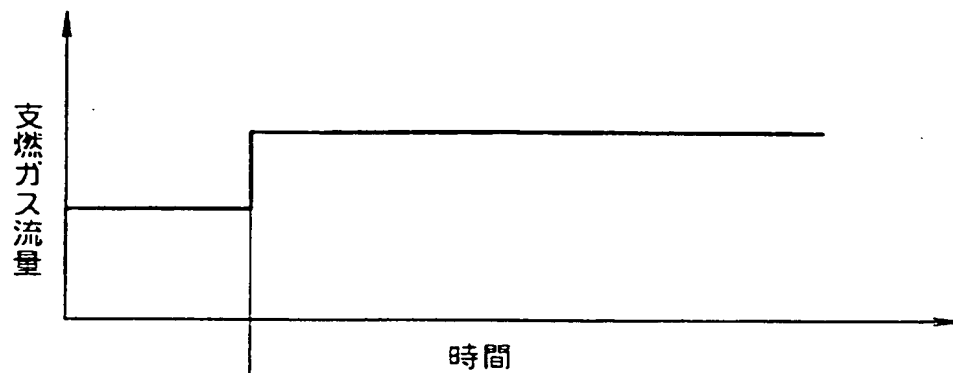


図 3B

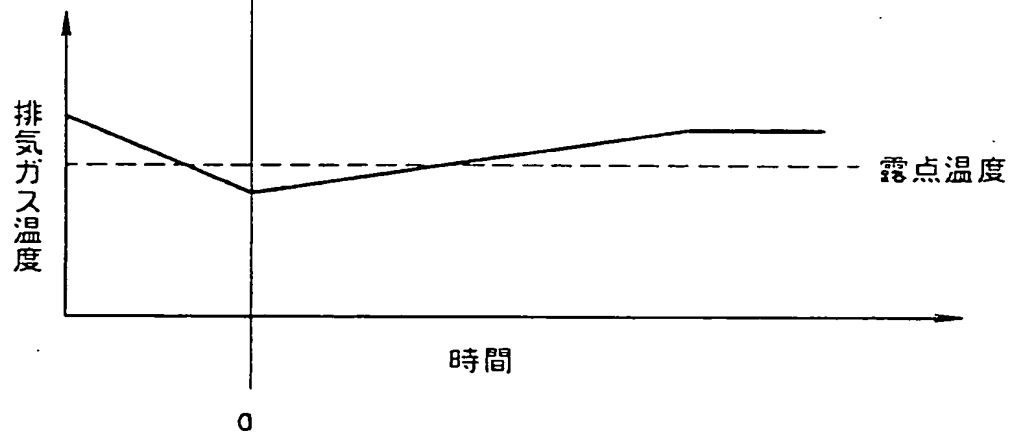
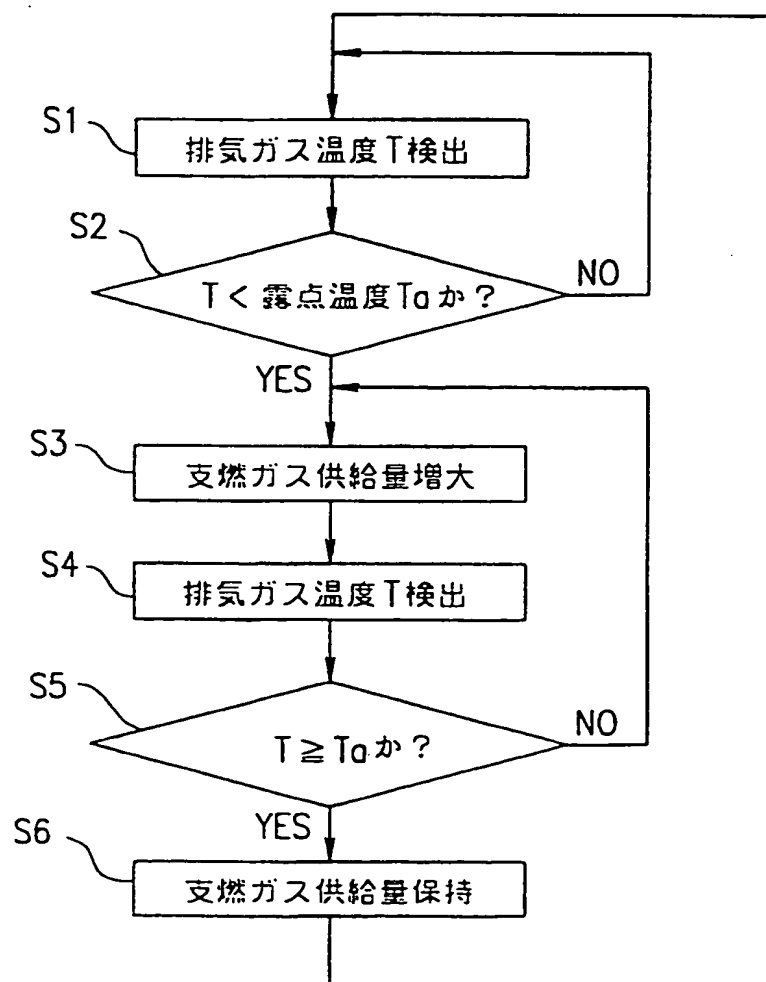
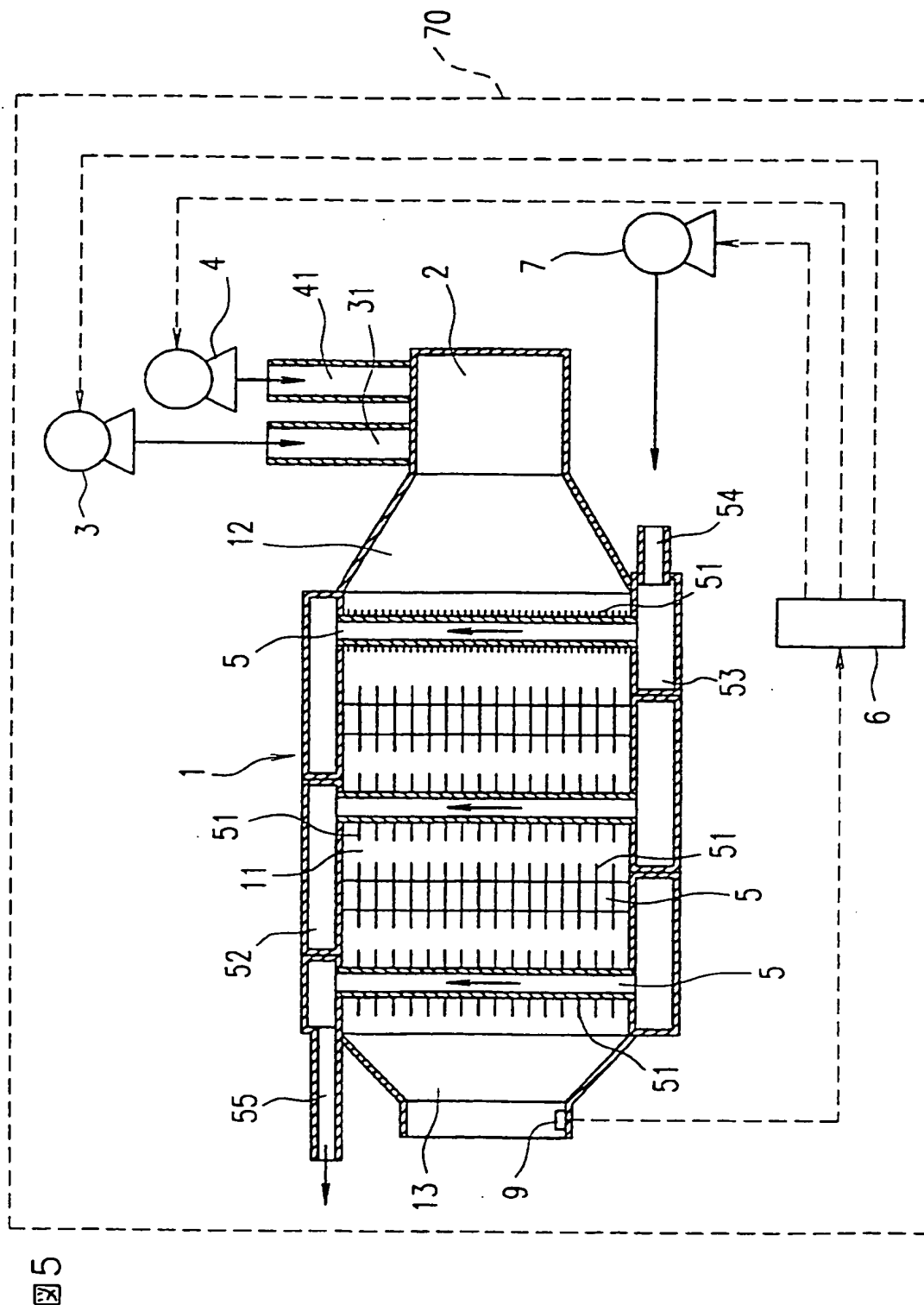


図 4





5

図 6A

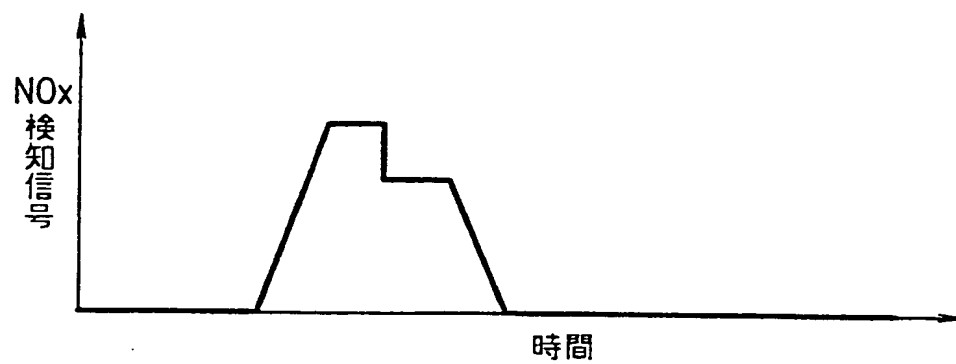


図 6B

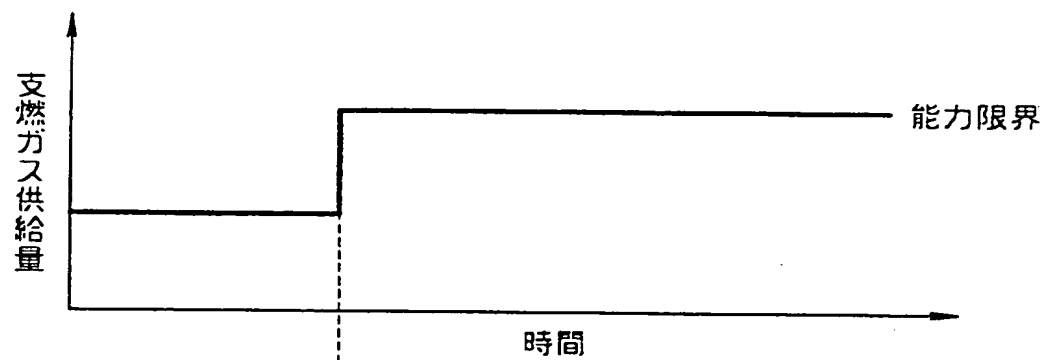


図 6C

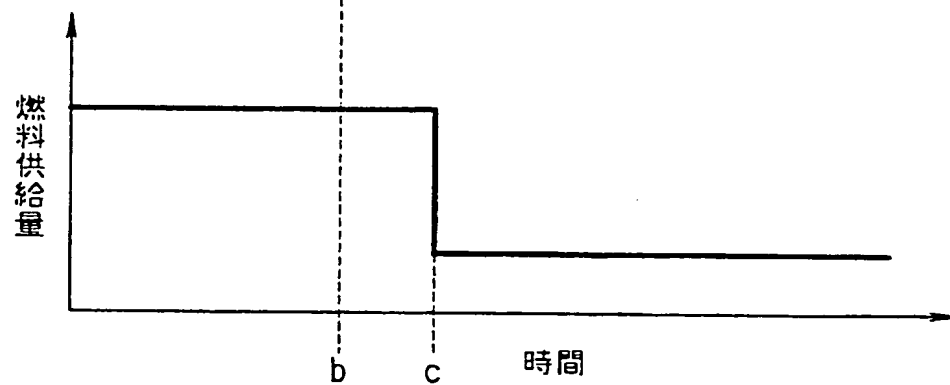


図 7

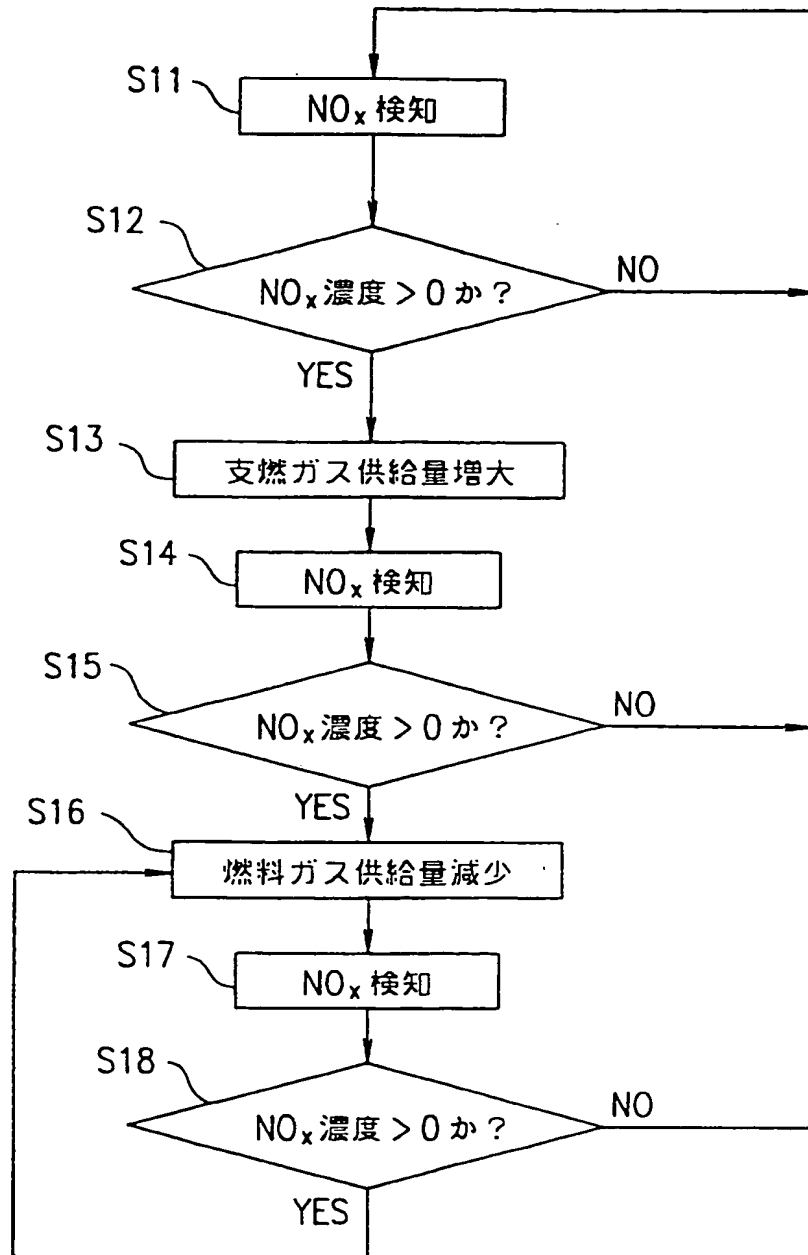


図 8A

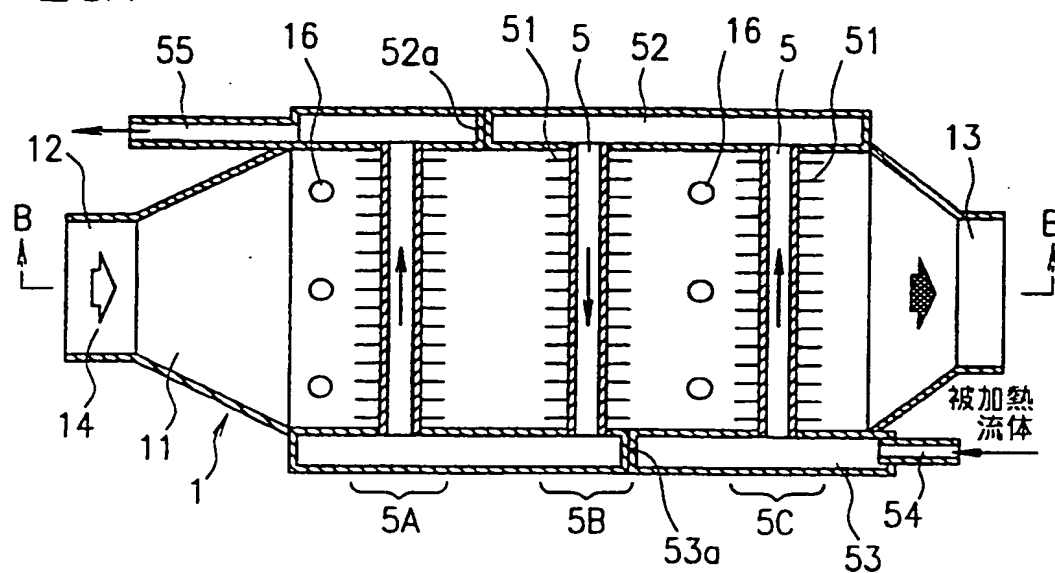


図 8B

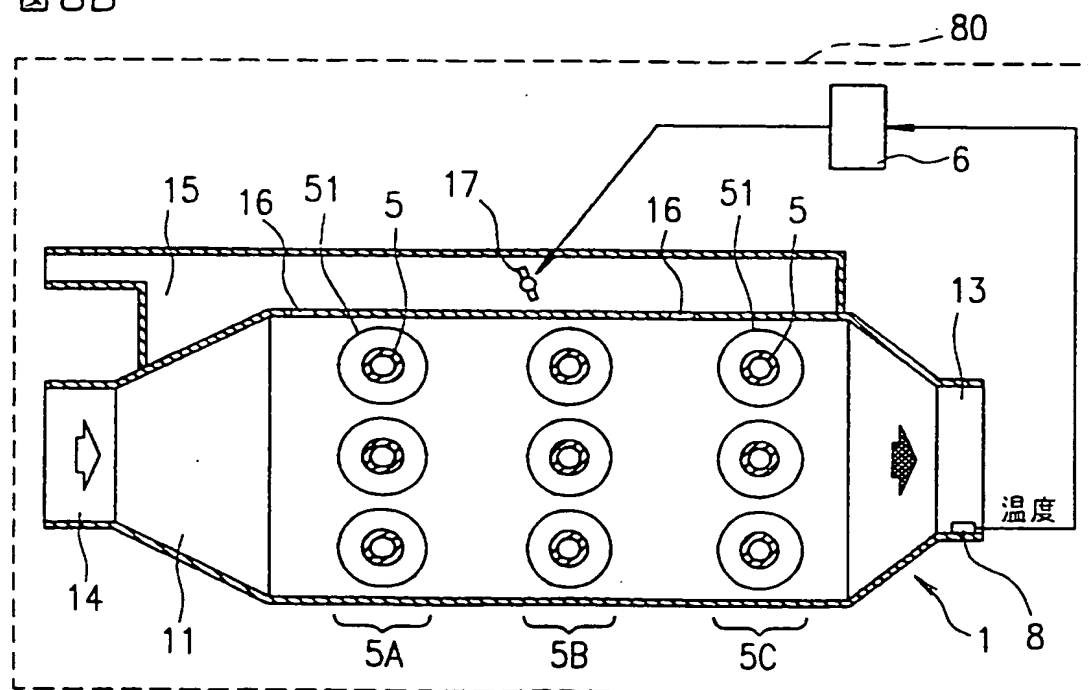


図 9A

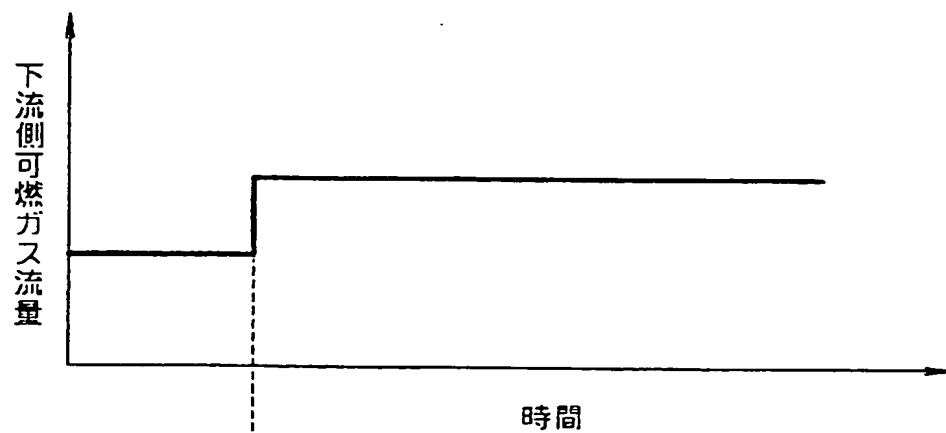


図 9B

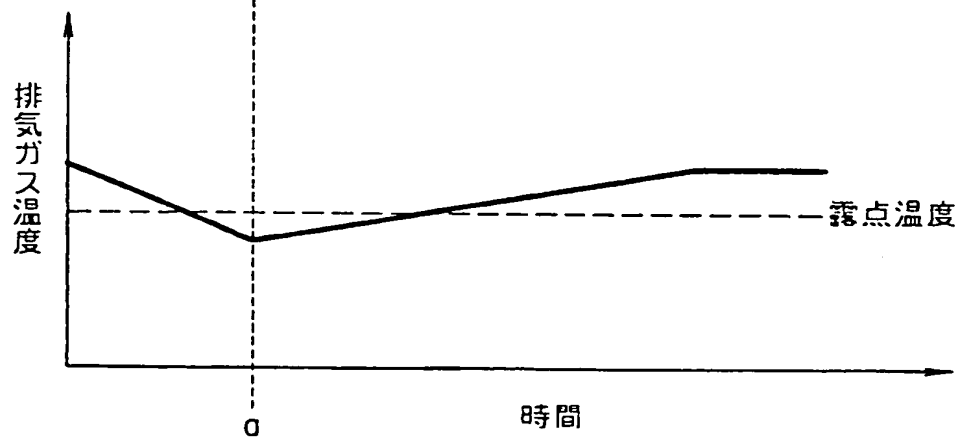


図 10

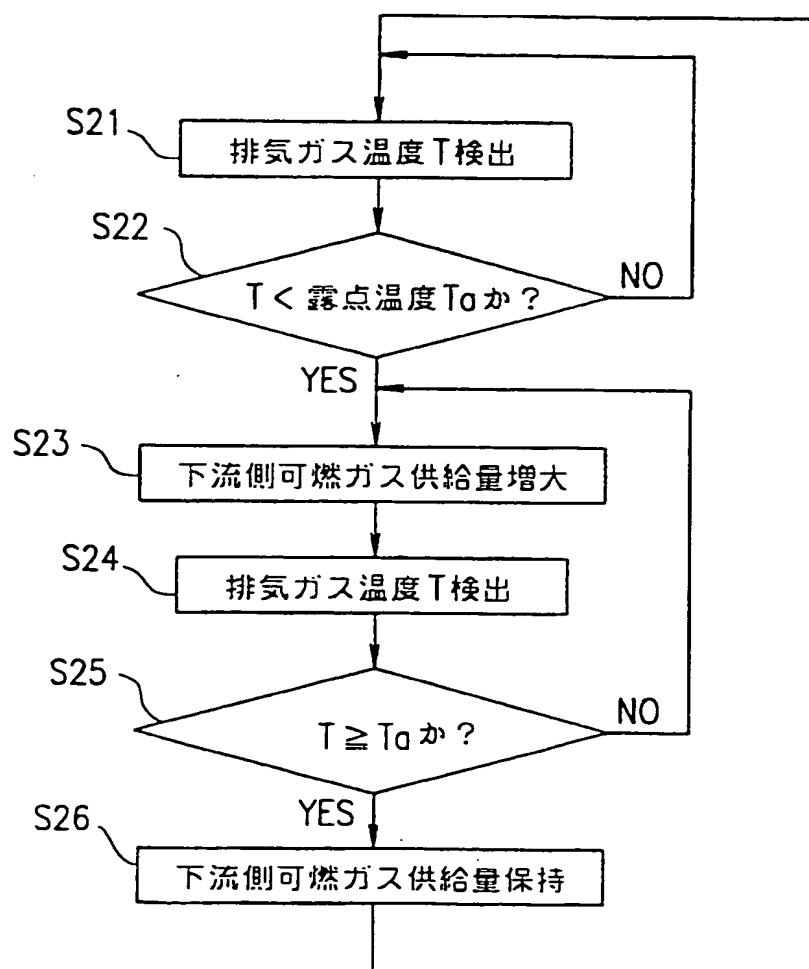


図 11A

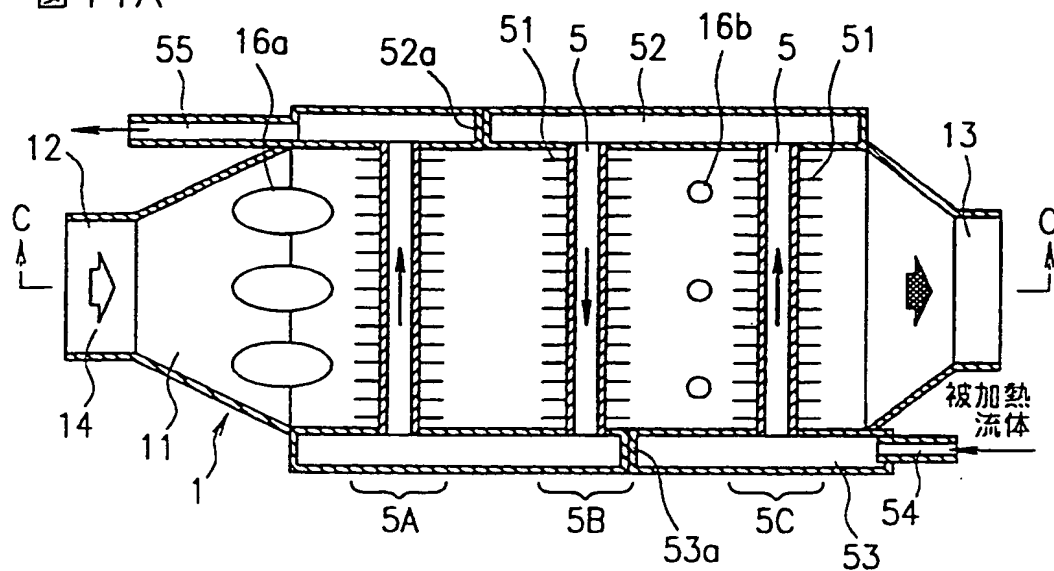


図 11B

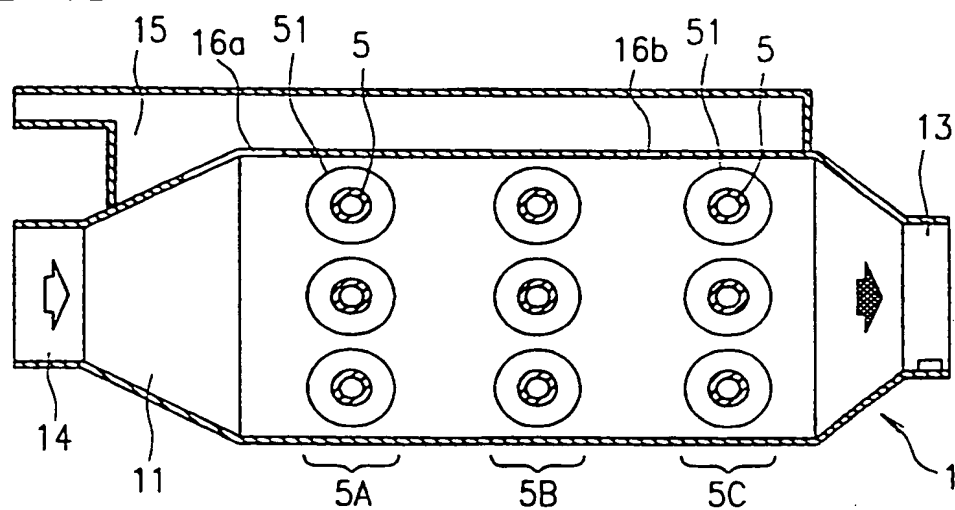


図 12A

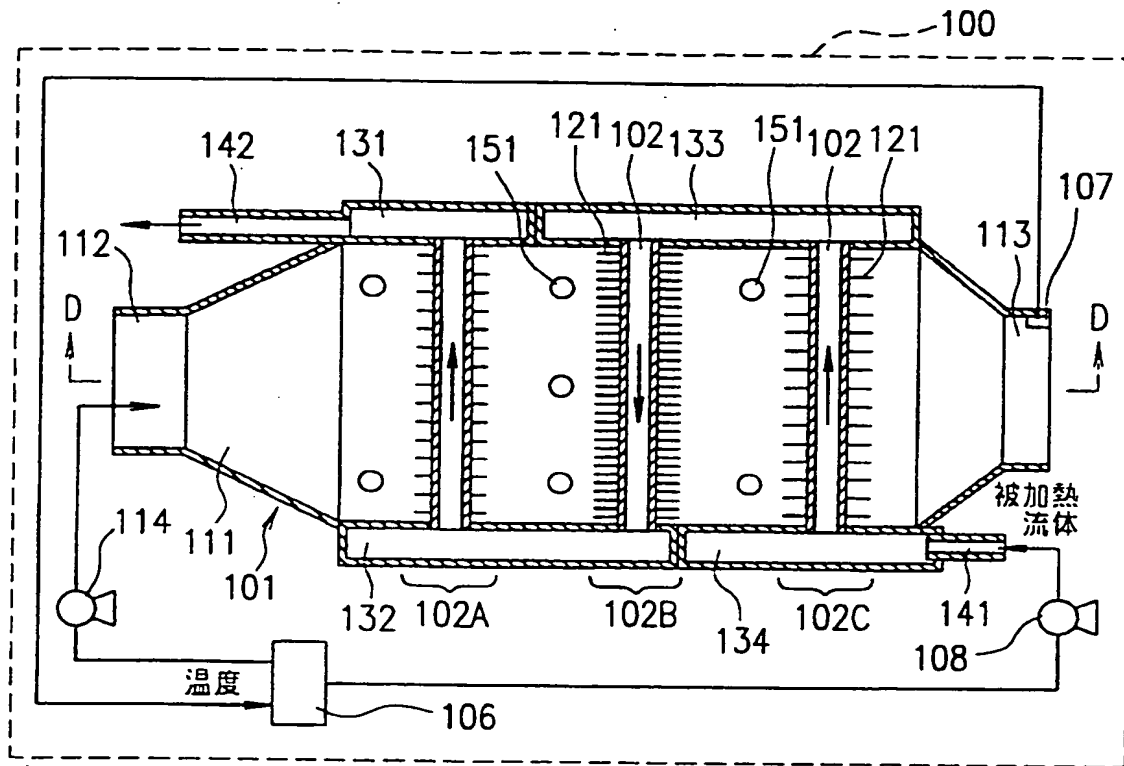


図 12B

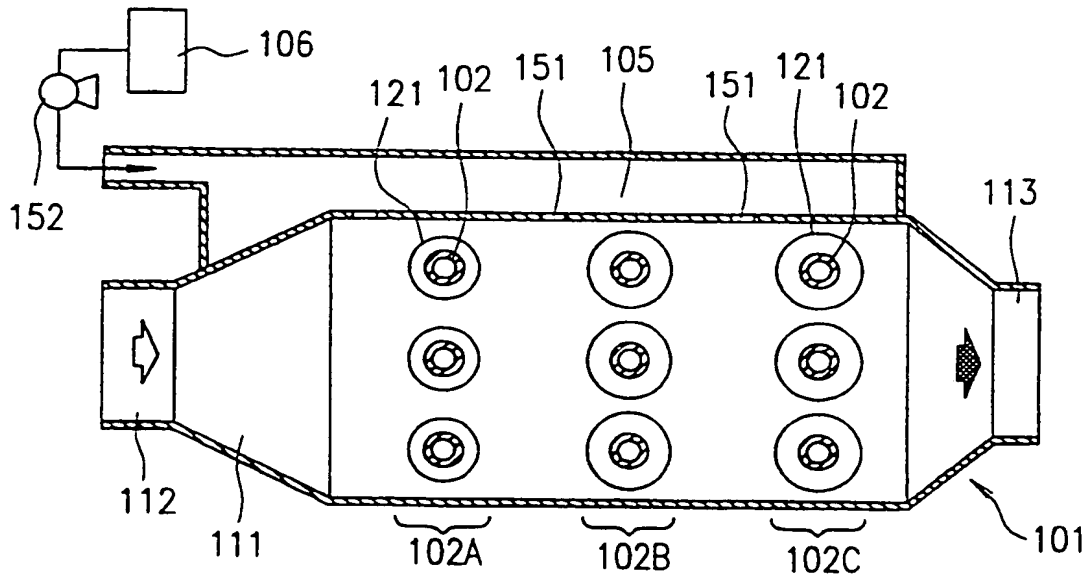


図 13A

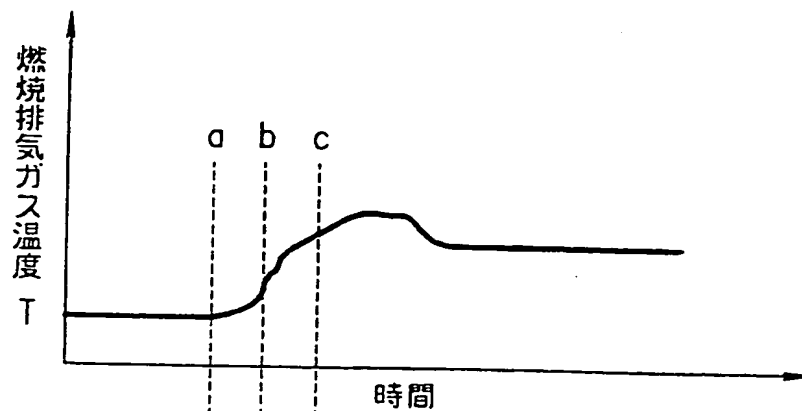


図 13B

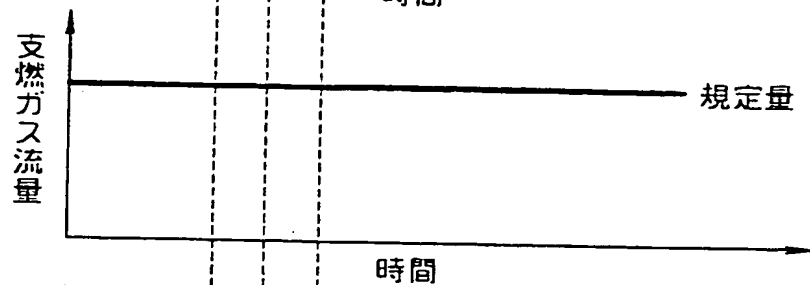


図 13C

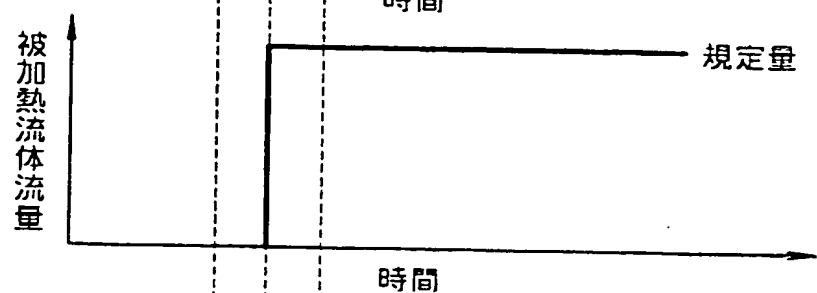


図 13D

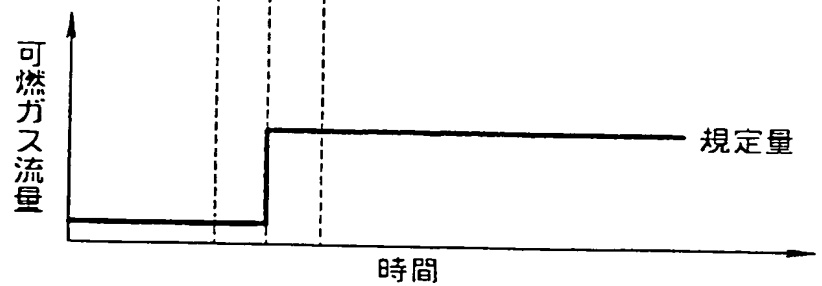


図 14

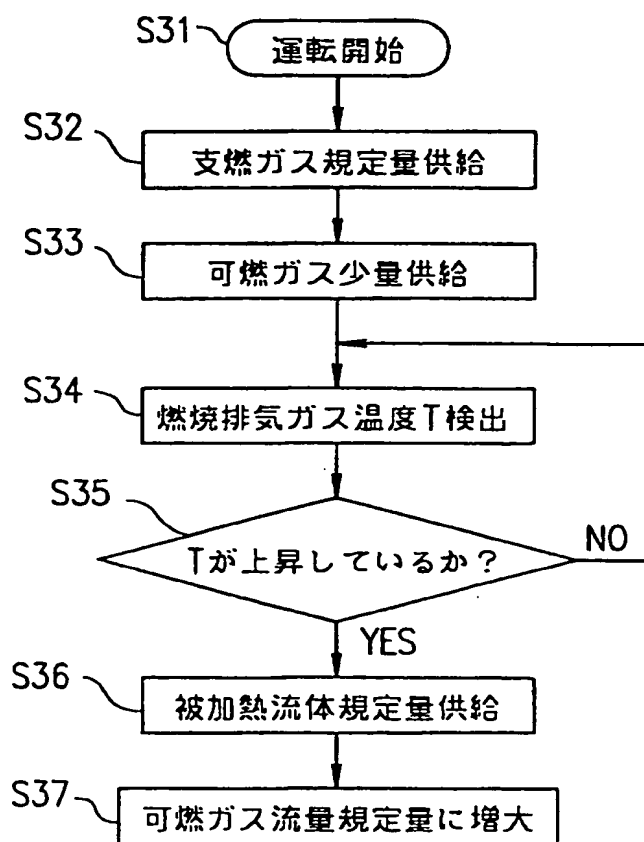


図 15A

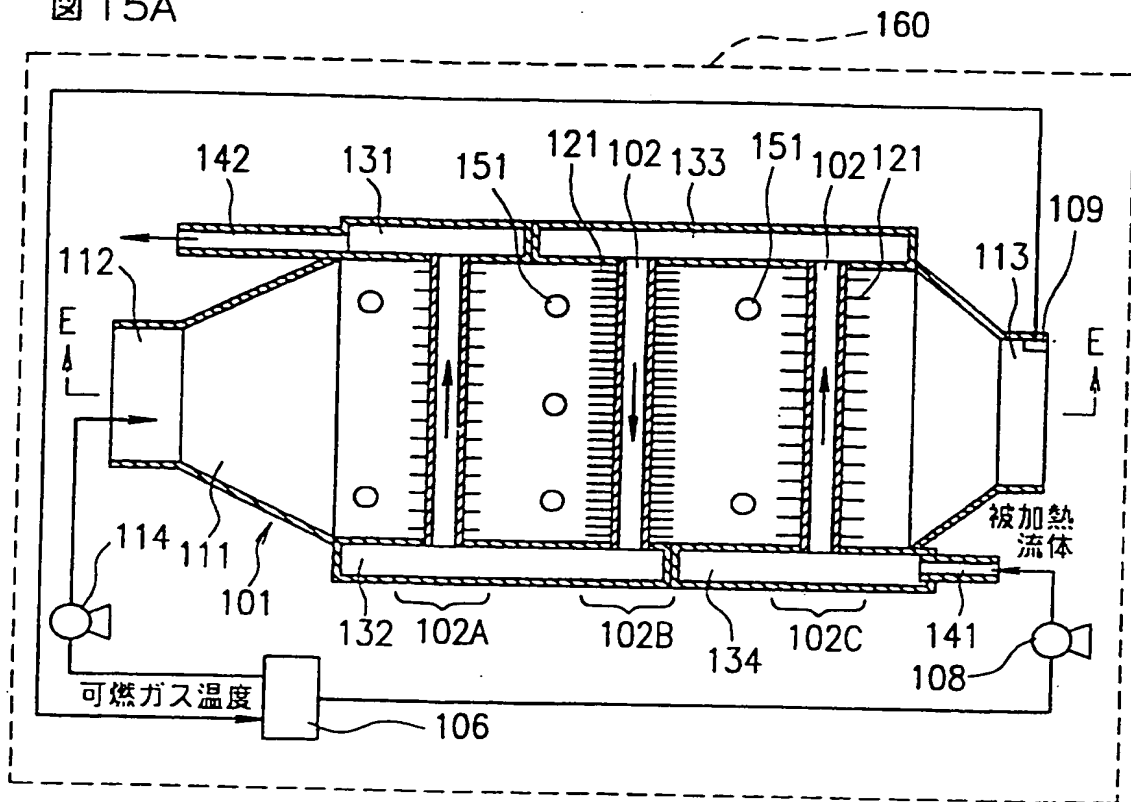


図 15B

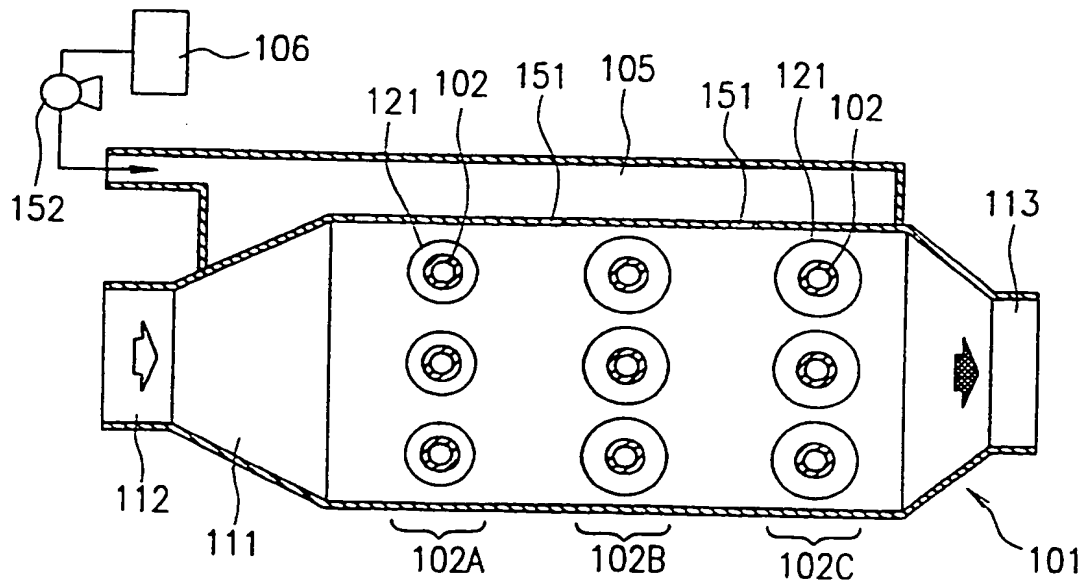


図 16A

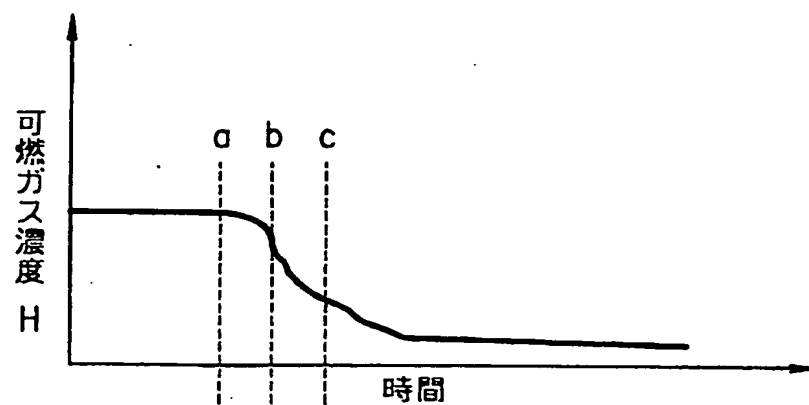


図 16B

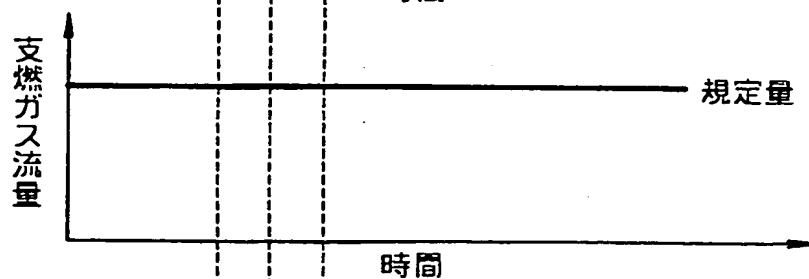


図 16C

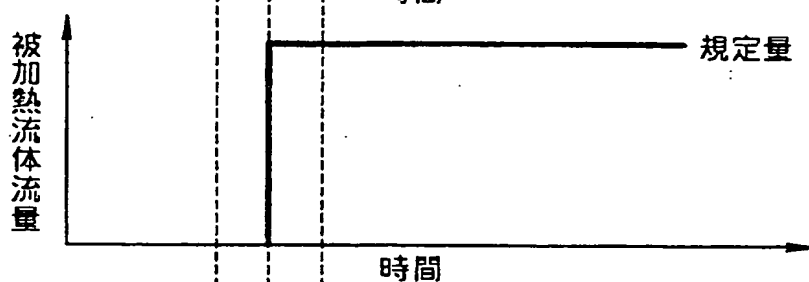


図 16D

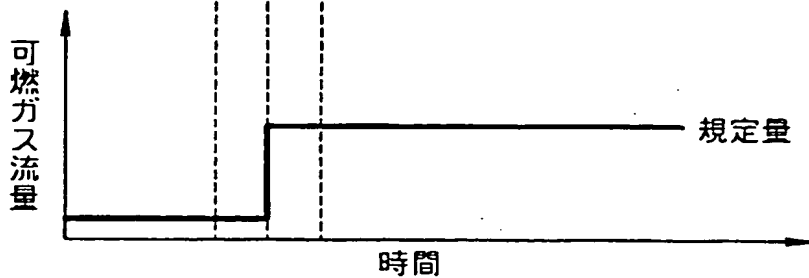
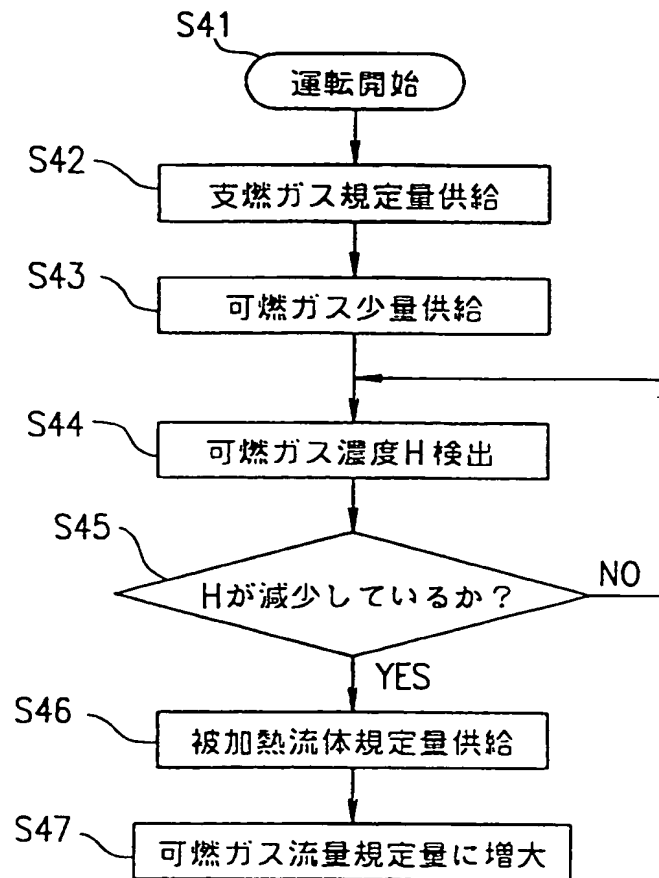
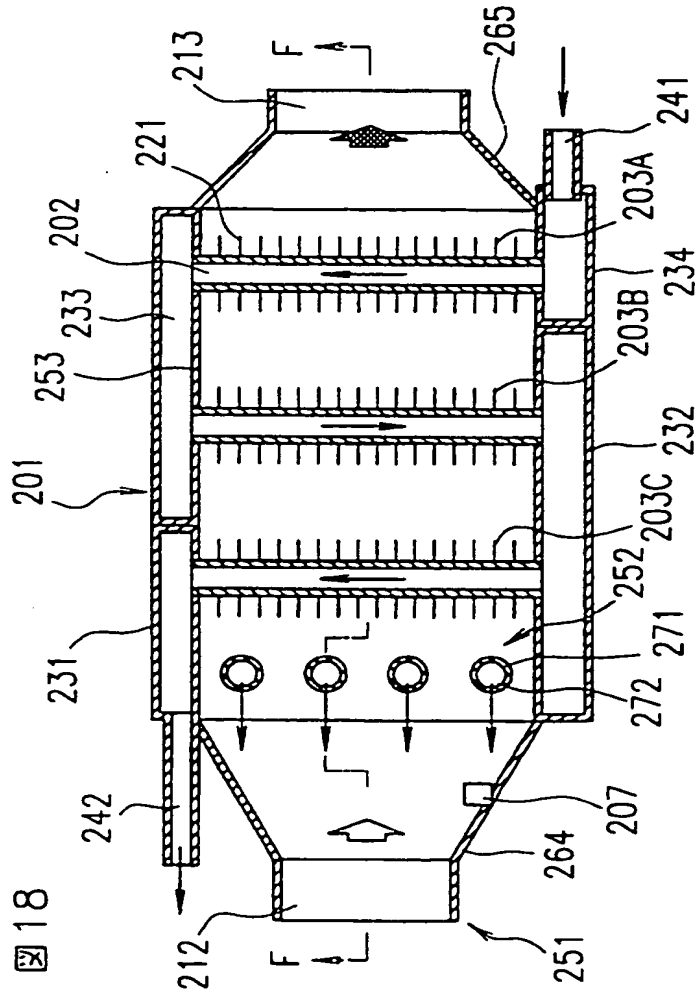
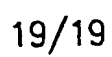


図 17







A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁸ F24H1/14 F23D14/18

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁸ F24H1/14 F23D14/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1999年
 日本国公開実用新案公報 1971-1999年
 日本国特許実用新案公報 1994-1999年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P, 57-131957, A (松下電器産業株式会社), 16. 8月. 1982 (16. 08. 82), 第2頁右上欄第15行-左下欄第16行 (ファミリーなし)	1-18
A	J P, 6-42720, A (松下電器産業株式会社), 18. 2月. 1994 (18. 02. 94), 第2頁項番10-第3頁項番12 & US, 5403184, A & EP, 570933, B1	1-18
A	J P, 4-57072, U (ヤマハ株式会社), 15. 5月. 1992 (15. 05. 92) (ファミリーなし)	1-18

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

11. 01. 99

国際調査報告の発送日

19.01.99

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

小菅 一弘

印

3 L

7816

電話番号 03-3581-1101 内線 3337

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP98/04690

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁶ F24H1/14, F23D14/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁶ F24H1/14, F23D14/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1999 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-1999
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1999

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP, 57-131957, A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 16 August, 1982 (16. 08. 82), Page 2, upper right column, line 15 to lower left column, line 16 (Family: none)	1-18
A	JP, 6-42720, A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 18 February, 1994 (18. 02. 94), Page 2, Item No. 10 to page 3, Item No. 12 & US, 5403184, A & EP, 570933, B1	1-18
A	JP, 4-57072, U (Yamaha Corp.), 15 May, 1992 (15. 05. 92) (Family: none)	1-18

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
11 January, 1999 (11. 01. 99)

Date of mailing of the international search report
19 January, 1999 (19. 01. 99)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.